ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ

“Σχεδιασμός και υλοποίηση δικτύου αισθητήρων για εφαρμογή σε έξυπνο δωμάτιο με την χρήση του Opnet”

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Φοιτητής: Στάμος Παναγιώτης

Αριθμός Μητρώου: 010601013

Επιβλέπων : Δρ. Ηλίας Μαγκλογιάννης

Λαμία, Οκτώβριος 2013

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗ

“Σχεδιασμός και υλοποίηση δικτύου αισθητήρων για εφαρμογή σε έξυπνο δωμάτιο με την χρήση του Opnet”

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Φοιτητής: Στάμος Παναγιώτης

Αριθμός Μητρώου: 010601013

Επιβλέπων : Δρ. Ηλίας Μαγκλογιάννης

Λαμία, Οκτώβριος 2013

«Στους γονείς και την οικογένεια μου»

Παναγιώτης Στάμος

Διεύθυνση: Μυτιλήνη, Ν. Λέσβου, Τ.Κ:81100

Τηλέφωνο: 2251021099/6973647745

E-mail: pstamos1925@gmail.com

Περίληψη

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων είναι ευρέως διαδεδομένα με πολλές μορφές και για πολλές διαφορετικές εφαρμογές. Στην παρούσα εργασία εξετάζονται οι αισθητήρες -που είναι η βάση ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων- ως προς την εξέλιξη τους στο χρόνο και ταξινομούνται για να μελετηθούν ξεχωριστά. Στην συνέχεια γίνεται μια ανασκόπηση στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων σχετικά με ότι αφορά αρχιτεκτονικές, τοπολογίες και πρωτόκολλα που εφαρμόζονται σε αυτά. Έπειτα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των έξυπνων σπιτιών και η προσφορά τους στον άνθρωπο καθώς και πώς θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν εργαλείο για άτομα με ειδικές ανάγκες και ηλικιωμένους. Στο τέλος η εργασία ασχολείται με το πρόγραμμα προσομοίωσης δικτύων Opnet και συγκεκριμένα το πρωτόκολλο Zigbee καθώς επιχειρείται να δημιουργηθεί ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων σε ένα σπίτι, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη των αναγκών ενός έξυπνου σπιτιού. Γίνεται αναφορά του σχεδιασμού του δικτύου και πως αυτό υλοποιείται, σε μια σειρά από διάφορα σενάρια.

Abstract

Wireless sensor networks are widely used in many forms and for many different applications. In the present work the sensors - which are the base of a wireless sensor network in terms of its evolution in time and ordered to be studied separately. Then is an overview of wireless sensor networks on terms architectures, topologies and protocols that apply to them. After presenting the characteristics of smart homes and offering them in humans and how it could be used as a tool for people with disabilities and the elderly. At the end of the work deals with the program Opnet network simulation, namely the Zigbee protocol by trying to create a wireless sensor network in a home, to be used to meet the needs of a smart home. Reference network design and how it is implemented in a number of different scenarios

Πίνακας περιεχομένων

Πίνακας εικόνων

Ευρετήριο πινάκων

Πρόλογος

Α.**Σκοπός**

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων είναι πλέον πολύ διαδομένα στο κόσμο καθώς καλύπτουν πολλές χρήσεις και ανάγκες. Αναπτύχτηκαν ιδιαίτερα μέσα στο χρόνο λόγω της τεχνολογικής προόδου στον τομέα των αισθητήρων. Ένα ιδιαίτερα σημαντικό κομμάτι τους αφορά τα δίκτυα για παρακολούθηση ενός χώρου. Στην συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία σκοπός είναι να εξεταστούν αυτά τα δίκτυα και να σχεδιαστεί ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων με σκοπό να εφαρμοστεί σε ένα σπίτι όπου θα παρέχει την ασφάλεια και βοήθεια σε άτομα με αναπηρίες καθώς και σε ηλικιωμένα άτομο που χρειάζονται παρακολούθηση.

Β. Δομή

Αρχικά μελετώνται οι αισθητήρες αφού είναι το βασικό στοιχείο ενός ασύρματου δικτύου. Παρουσιάζεται η εξέλιξη τους στο χρόνο και πώς αυτή βοήθησε στην ανάπτυξη πολύπλοκων και εξεζητημένων κόμβων αισθητήρων που μπορούν πλέον να δώσουν μετρήσεις, απλά και εύκολα, για πάρα πολλές μεταβλητές.

Στην συνέχεια εξετάζεται πως ένα σύνολο από τέτοιους κόμβους αισθητήρες μπορεί να λειτουργήσει σαν δίκτυο και να συλλέξει πληροφορίες από ολόκληρα κτήρια δίνοντας την δυνατότητα να υπάρξει μια συνολική εικόνα του χώρου και της κατάστασης του. Αναλύονται οι τοπολογίες και οι διάφοροι τρόποι διασύνδεσης αυτών των δικτύων και πως εξελιχτήκαν μέχρι τώρα για να φτάσουν στο σημείο που βρίσκονται. Παρουσιάζονται οι διάφορες εφαρμογές που έχουν και τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούν για να επικοινωνούν καθώς συγκρίνονται για να βρεθούν θετικά αλλά και αρνητικά στοιχεία.

Ολοκληρώνοντας την μελέτη για να ειδικευτεί το δίκτυο γίνεται μια προσπάθεια να κατανοηθούν οι ανάγκες ενός τέτοιου δικτύου, με σκοπό να εφαρμοστεί σε ένα σπίτι, για να του δοθεί ο χαρακτηρισμός «έξυπνο». Αναλύονται τα χαρακτηριστικά ενός τέτοιου σπιτιού και δίνεται μια εξήγηση για το πώς μπορεί να βοηθήσει στην καθημερινότητα ένα άνθρωπο, να τον προστατέψει και να τον προφυλάξει, αλλά επιπλέον να τον ψυχαγωγήσει.

Εξετάζονται ειδικά οι ανάγκες ενός ατόμου με ειδικά προβλήματα και γίνεται μια προσπάθεια να κατανοηθούν, ώστε να «χτιστεί» το δίκτυο όσο καλύτερα γίνεται. Ακολουθεί η σχεδίαση του δικτύου με βάση όλα τα παραπάνω και η ανάλυση του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιήθηκε και των διάφορων

τοπολογιών που εφαρμόστηκαν στο δίκτυο. Στο τέλος της εργασίας παρουσιάζεται η προσομοίωση στο πρόγραμμα Opnet με μία σειρά από διαφορετικά σενάρια και τα αποτελέσματα τους, με σκοπό να βρεθεί το ιδανικότερο δίκτυο. Στα σενάρια έχει παρθεί μια τυχαία κάτοψη ενός σπιτιού που φαντάζει κατάλληλο και καλύπτει τις ανάγκες των ατόμων για το οποίο προορίζεται.

Στην προσομοίωση εξετάζονται διάφορες τοπολογίες και διαφορετικός αριθμός κόμβων. Στα τελευταία σενάρια εξετάζονται και κινητοί κόμβοι προσπαθώντας να προσομοιωθούν οι μετρήσεις σε άνθρωπο με μια τροχιά μέσα στο δωμάτιο. Τέλος συγκρίνονται τα αποτελέσματα, για να επιλεχθεί το ιδανικό σενάριο και η τοπολογία, αλλά εξετάζονται κιόλας περιπτώσεις απώλειας κόμβων και πώς αυτές επηρεάζουν το δίκτυο.

Γ. Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου Δρ. Μαγκλογιάννη Ηλία που μου εμπιστεύτηκε το θέμα αυτό, αλλά και για το μάθημα της Τηλεϊατρικής που ήταν ένας λόγος να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα. Επίσης θέλω να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Λιόλιο Χαράλαμπο για την βοήθεια και υποστήριξη του στην ανάπτυξη του θέματος και την κατανόηση του. Τέλος θέλω να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στους γονείς μου Χρήστο και Αφροδίτη που με στήριξαν τόσα χρόνια στην προσπάθεια της φοιτητικής μου ζωής και μου προσέφεραν με το παραπάνω όσα χρειαζόμουν για να καταφέρω να φτάσω σε αυτό το σημείο.

Καλή ανάγνωση

Στάμος Παναγιώτης

Κεφάλαιο 1ο– Εισαγωγή

Από την αρχή της ύπαρξης του ο άνθρωπος ανέπτυξε την ανάγκη για εργαλεία τα οποία χρησιμοποιούσε στην καθημερινότητα του και διευκόλυναν την ζωή του, κάνοντας την ποιοτικά καλύτερη. Με την εξέλιξη του ανθρώπου εξελίσσονταν και τα εργαλεία και προέκυπταν καινούργια από την νέες ανάγκες που δημιουργούσε. Η επανάσταση που έφερε η άνθηση της τεχνολογίας είχε άμεση επιρροή και στην ανάπτυξη των εργαλείων του ανθρώπου.

Αρχίζουν λοιπόν να κατασκευάζονται σύγχρονα και προηγμένα εργαλεία που εξυπηρετούν πολλούς σκοπούς με στόχο την ευκολία και την εκτεταμένη χρήση τους στην ζωή των ανθρώπων. Φυσικά από αυτά δεν μπορούν να λείπουν οι αισθητήρες. Αισθητήρες κάθε λογής κατασκευάζονται για να ενσωματωθούν στην ζωή των ανθρώπων και να κάνουν πιο αποδοτική την εργασία και την καθημερινότητα τους.

Οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται παντού από οικιακές συσκευές, ως απλοί θερμοστάτες μέχρι και πολύ εξεζητημένα ιατρικά μηχανήματα και προηγμένες μορφές τεχνολογίας. Οι αισθητήρες έχουν κυριεύσει την καθημερινότητα παρέχοντας ασφάλεια και καλή ποιότητας ζωής που είναι αναγκαία. Οι αισθητήρες εξελίχτηκαν λοιπόν σε ένα απαραίτητο εργαλείο για τον άνθρωπο, που η χρήση τους είναι συνυφασμένη με την καθημερινότητα του, έστω και αν ο ίδιος δεν τον αντιλαμβάνεται. Από μόνοι τους είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο. Επιπλέον τα τελευταία χρόνια μια άλλη μορφή των αισθητήρων ήρθε για να θέση νέα δεδομένα στην χρήση τους. Αυτά είναι τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων.

Η λειτουργία τους βασίζεται στις μετρήσεις που κάνουν οι αισθητήρες ο καθένας ξεχωριστά, με την διαφορά ότι τώρα καλύπτουν ένα πολύ ευρύτερο χώρο και μπορούν να δώσουν πληροφορίες για μεγαλύτερες περιοχές, με σκοπό μια ολοκληρωμένη εικόνα για την κατάσταση της εκάστοτε περιοχής που καλύπτουν. Μια περιοχή πολλών χιλιάδων τετραγωνικών μέτρων μπορεί να ελεγχθεί από ένα και μόνο σταθμό βάσης, συγκεντρώνοντας τις πληροφορίες που στέλνει ο κάθε αισθητήρας που συμμετέχει στο δίκτυο.

Ένα δάσος για παράδειγμα θα μπορεί να ελεγχτεί για πυρκαγιές και μικρές εστίες με ένα δίκτυο ασύρματων αισθητήρων που θα είναι κατανεμημένοι σε όλο το εύρος της δασικής έκτασης και θα λαμβάνουν μετρήσεις θερμοκρασίας και καπνού, που όταν ξεπεράσουν το επιτρεπτό όριο θα στέλνουν σήματα κινδύνου

στον σταθμό βάσης με τον οποίον θα επικοινωνούν. Έτσι ελαχιστοποιείται η περίπτωση κάποιας ανεξέλεγκτης πυρκαγιάς και χρειάζεται σημαντικά λιγότερος αριθμός δασοπυροσβεστών για να περιπολούν την δασική περιοχή.

Είναι προφανές λοιπόν πως η εξέλιξη των εργαλείων του ανθρώπου έχει φθάσει σε ένα σημείο που προβλέπει για εκείνον καταστάσεις που θα χρειαζόταν πολύ μεγαλύτερη και ίσως όχι τόσο αποδοτική προσπάθεια για να ελεγχθούν. Όμως επειδή η τεχνολογία έχει εξελιχθεί με τεράστια βήματα έχει φθάσει στο σημείο να μπορεί να βοηθήσει άμεσα και στην καθημερινή ζωή. Ακόμα πιο πρόσφατα λοιπόν η εξέλιξη των ασύρματων δικτύων αισθητήρων έφθασε να δημιουργήσει δίκτυα ικανά να τοποθετηθούν σε ένα οικιακό χώρο με σκοπό την καταγραφή και συλλογή δεδομένων, που ανάλογα με τις ανάγκες κάθε ανθρώπου να δίνει πληροφορίες και να προειδοποιεί σε περιπτώσεις ανάγκης.

Ένας τέτοιος χώρος χαρακτηρίζεται ως «έξυπνος» αφού μπορεί αυτόματα να δημιουργεί τις ιδανικές συνθήκες για ένα άτομο, να προβλέπει δυσμενείς καταστάσεις και να φροντίζει για την ενημέρωση κάποιου υπεύθυνου, ο οποίος θα είχε την δυνατότητα να τις αποτρέψει. Τέτοιοι χώροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον κάθε έναν που θέλει μια αυτοματοποιημένη λειτουργία να συμβαίνει ακόμα και όταν εκείνος δεν είναι μπροστά, δρώντας είτε προστατευτικά, είτε για να αναβαθμίσει την ποιότητα της ζωής του. Μπορούν επίσης τέτοιοι χώροι να χρησιμοποιηθούν από άτομα με συγκεκριμένα προβλήματα, που δεν έχουν την δυνατότητα να ελέγχουν μόνοι τους τον χώρο ή χρειάζονται βοήθεια για να το κάνουν.

Ειδικότερα άτομα με προβλήματα υγείας ή ηλικιωμένα άτομα που χρήζουν συνεχούς και άμεσης βοήθειας και ελέγχου μπορούν να χρησιμοποιούν αυτούς τους χώρους κάνοντας την ζωή τους ευκολότερη και με μεγαλύτερη αξιοπρέπεια για την ανθρώπινη υπόσταση τους.

Αυτή η εργασία έχει σκοπό να μελετήσει όλα τα παραπάνω, να εξετάσει τα χαρακτηριστικά των αισθητήρων, να κατανοήσει την λειτουργία των ασύρματων δικτύων αισθητήρων, να προσδιορίσει της ανάγκες ατόμων με προβλήματα υγείας και τέλος να δώσει ένα αποτελεσματικό και λειτουργικό σχεδιασμό ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων, που θα ενσωματωθεί σε ένα «έξυπνο» σπίτι και θα μπορεί μελλοντικά και με περαιτέρω μελέτη να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά καλύπτοντας τις ανάγκες τους.

Κεφάλαιο 2ο-Βασική θεωρία

2.1 Αισθητήρες

2.1.1 **Ιστορική Αναδρομή των Αισθητήρων**

Οι αισθητήρες έχουν τεράστια σημασία για τον άνθρωπο. Από την αρχή της εμφάνισης των έμβιων όντων στον πλανήτη έκαναν την εμφάνιση τους σαν όργανα των πλασμάτων καθώς αποτελούσαν κομμάτι του εαυτού τους. Δυο χαρακτηριστικά παραδείγματα που ξεχωρίζουν είναι το μάτι και το αυτί.

Το μάτι βασίζεται σε ανίχνευση του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας και το αυτί αντιλαμβάνεται τις μεταβολές της πίεσης, που είναι ο τρόπος με τον οποίο ταξιδεύει ο ήχος μέσω κυμάτων.

Η εξέλιξη των έμβιων όντων και η ανάπτυξη του ανθρώπινου είδους σαν κυρίαρχο στον πλανήτη σηματοδότησε και την ηγετική μορφή που έπαιρνε ανάμεσα στα υπόλοιπα όντα. Χρησιμοποιώντας ο άνθρωπος, περισσότερο από όλα τα άλλα έμβια όντα, το μυαλό του, αρχίζει να αντιλαμβάνεται ότι τα όργανα μέτρησης είναι αναγκαία για να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις της καθημερινότητας. Έτσι η μέτρηση του μήκους , του βάρους, ή του όγκου οδηγεί τον άνθρωπο στο να χρησιμοποιεί συστήματα μέτρησης. Σαν παράδειγμα υπάρχει η λειτουργία του πρώτου θερμόμετρου που εκτιμάται στο 1585, ενώ το πρώτο βαρόμετρο στο 1643. Η λειτουργία του πρώτου θερμόμετρου αξιοποιούσε την ιδιότητα των σωμάτων να μεταβάλλονται με την θερμοκρασία, αντίστοιχα το βαρόμετρο βασίζεται στην ιδιότητα των ρευστών να μεταβάλλουν την στάθμη τους ανάλογα με την πίεση που τους ασκείται.

Αισθητήρας ονομάζεται μία συσκευή που ανιχνεύει ένα φυσικό μέγεθος και παράγει από αυτό μία μετρήσιμη έξοδο. Οι πρώτοι αισθητήρες και τα όργανα μέτρησης ήταν μηχανικά. Παλιότερα, πολλά συστήματα μέτρησης βασιζόταν σε χειροκίνητες, μηχανικές ή άλλες διαδικασίες για την πραγματοποίηση της μέτρησης (πχ. η μέτρηση των διαστάσεων ενός αντικειμένου με χάρακα, η μέτρηση του βάρους ενός αντικειμένου με ζυγό ισορροπίας και χρήση πρότυπων βαρών, η μέτρηση της θερμοκρασίας με θερμόμετρο υδραργύρου, κλπ.).

Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών συστημάτων οδηγεί στην δημιουργία νέων τύπων αισθητήρων που πλέον βασίζονται στην

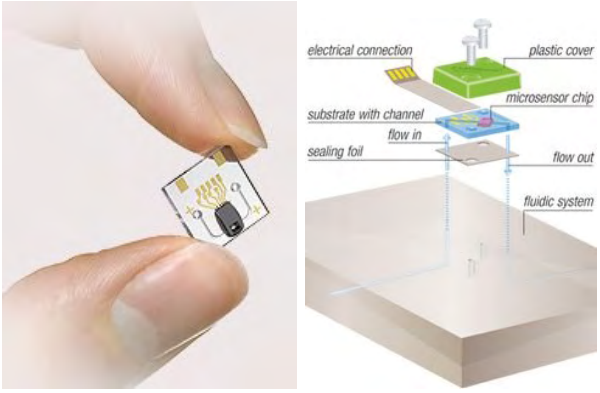
μετατροπή του φυσικού μεγέθους (θερμοκρασία, πίεση) σε ηλεκτρικό σήμα. Η ευκολία που το ηλεκτρικό σήμα μεταφέρεται, ενισχύεται, φιλτράρεται, αποθηκεύεται και απεικονίζεται το κάνει να είναι ο ιδανικός τρόπος για να γίνονται λήψεις φυσικών μεγεθών. Για παράδειγμα, αν η φυσική ποσότητα είναι σε πολύ μικρό μέγεθος, το ηλεκτρικό σήμα ενισχύεται για να δώσει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της φυσικής ποσότητας που απεικονίζει. Αν υπάρχουν παρεμβολές στην μέτρηση «θόρυβος», το σήμα μπορεί να φιλτραριστεί για να καθαρίσει από τις παρεμβολές και να δώσει μέτρηση μόνο για την φυσική ποσότητα που μετρά. Σε ανάγκη απομακρυσμένης μέτρησης το ηλεκτρικό σήμα ταξιδεύει ταχύτατα για να φθάσει στο προορισμό του και να απεικονιστεί με σωστό τρόπο για μια ολοκληρωμένη ένδειξη. Τέλος η εύκολη αποθήκευση βοηθάει στην μελλοντική χρήση.

Με την συνεχή μελέτη του ηλεκτρισμού, δημιουργήθηκαν νέοι τύποι αισθητήρων, που βασίζονται στα ηλεκτρικά κυκλώματα και έχουν σαν έξοδο αναλογικό σήμα. Με την εξέλιξη των ημιαγωγών ήρθε σαν επακόλουθο και η δημιουργία αισθητήρων ημιαγωγών και οργάνων ψηφιακών μετρήσεων. Οι αισθητήρες αναπτύσσονταν ταχύτατα λόγω των αναγκών που δημιούργησαν οι θετικές επιστήμες, αλλά και η ανάπτυξη την τεχνολογίας. Η εξέλιξη τους έχει φθάσει σε τέτοιο βαθμό, που καλύπτουν μεγάλο φάσμα μετρήσεων φυσικών μεγεθών καθώς επίσης και μεγεθών που δεν υπήρχαν, αλλά και στην βελτίωση των ήδη υπαρχόντων αισθητήρων.

Το επόμενο βήμα της εξέλιξης των αισθητήρων έχει να κάνει με την έρευνα στην νανοτεχνολογία και βιοτεχνολογία. Φυσική εξέλιξη της ταχύτατης ανάπτυξης των αναλογικών κυκλωμάτων ήταν και η βελτίωση των ψηφιακών σε υλικό και αντίστοιχο λογισμικό. Αφού λοιπόν τα ψηφιακά κυκλώματα παρέχουν περισσότερες ευκολίες, το μεγαλύτερο μέρος της μέτρησης, βασίζεται σε ψηφιακά ηλεκτρονικά.

Οι αισθητήρες και το μικροϋπολογιστικό σύστημα αποτελούν μια ενιαία μονάδα εξαιρετικά μικρών διαστάσεων που είναι κόμβος ενός ασύρματου δικτύου, με τη βοήθεια του οποίου, οι μετρήσεις διαβιβάζονται σε μια κεντρική μονάδα, η οποία τις επεξεργάζεται, ώστε να ληφθούν ορθά συμπεράσματα.

Εικόνα 1- **Εξέλιξη των αισθητήρων στο χρόνο.**



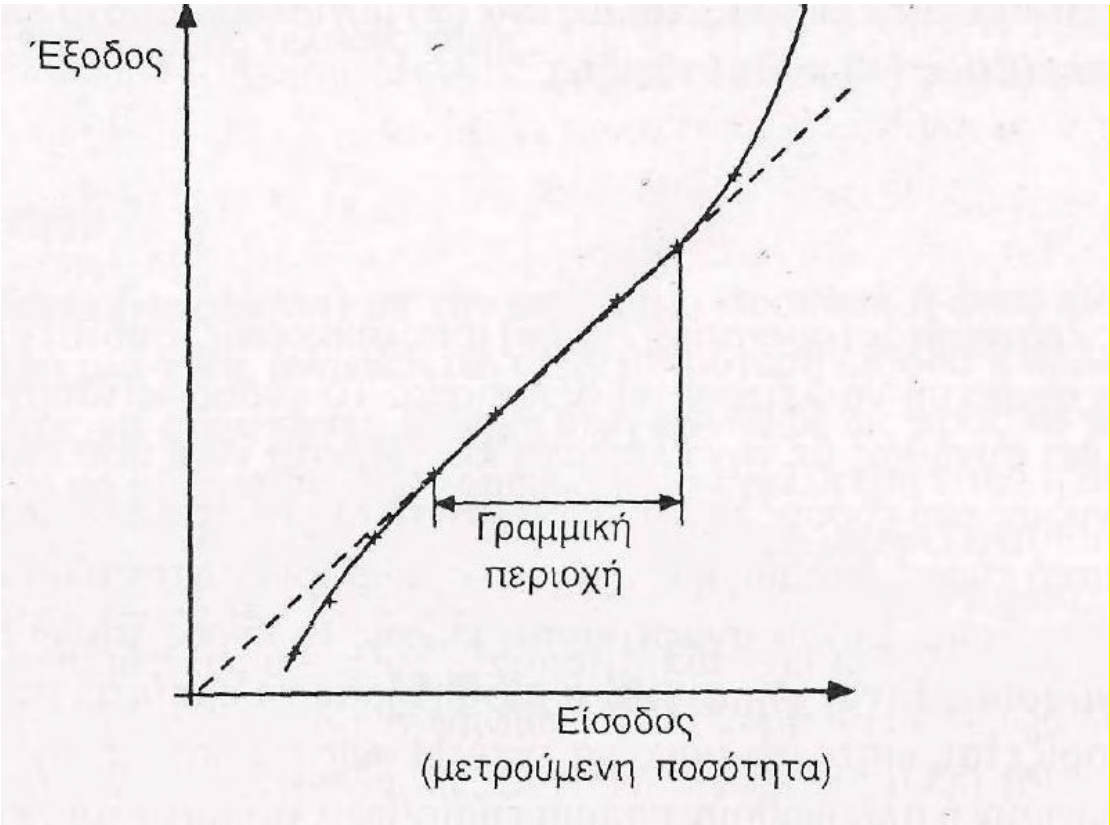
Εικόνα 2-**Σύγχρονος αισθητήρας ροής υγρού**

2.1.2 **Χαρακτηριστικά Αισθητήρων**

Μια ιδανική ή θεωρητική σχέση εισόδου-εξόδου (ερέθισμα-απόκριση) ισχύει για κάθε αισθητήρα. Αν ένας αισθητήρας είναι ιδανικά σχεδιασμένος και κατασκευασμένος με ιδανικά υλικά από ιδανικούς εργάτες που δουλεύουν σε ένα ιδανικό περιβάλλον χρησιμοποιώντας ιδανικά εργαλεία τότε η έξοδος ενός τέτοιου αισθητήρα θα αναπαριστά την πραγματική τιμή του ερεθίσματος. Αυτή η ιδανική σχέση εισόδου-εξόδου μπορεί να εκφραστεί με την μορφή ενός πίνακα τιμών, ενός γραφήματος, μιας μαθηματικής φόρμουλας ή σαν λύση μια μαθηματικής συνάρτησης. Αυτή η συνάρτηση λέγεται συνάρτηση μεταφοράς και παρουσιάζει την σχέση μεταξύ του ερεθίσματος και του ηλεκτρικού σήματος που παράγει ο αισθητήρας. Με βάση την συνάρτηση μεταφοράς καθορίζονται και τα χαρακτηριστικά ενός αισθητήρα:

Βαθμονόμηση: Η βαθμονόμηση είναι η διαδικασία με την οποία καθορίζεται η συνάρτηση μεταφοράς ενός αισθητήρα. Με τον καθορισμό της συνάρτησης μεταφοράς υπάρχει άμεση σχέση του ερεθίσματος που δέχεται ο αισθητήρας, με το ηλεκτρικό σήμα που παράγει. Για να καθοριστεί η συνάρτηση μεταφοράς και να

επιτευχτεί η διαδικασία της βαθμονόμησης εφαρμόζονται γνωστές τιμές ερεθισμάτων στον αισθητήρα και καταγράφονται τα ηλεκτρικά σήματα που παράγονται. Η ακρίβεια με την οποία καταγράφονται οι απαντήσεις του αισθητήρα στα ερεθίσματα βοηθάει στο να υπάρξουν ακριβείς μετρήσεις σε τυχαία ερεθίσματα.(πχ ταχύμετρο αυτοκινήτου)



Εικόνα 3-Γραμμική συνάρτηση μεταφοράς αισθητήρα

Ακρίβεια: Ακρίβεια ορίζεται η ικανότητα ενός αισθητήρα να δίνει αποτελέσματα ταυτόσημα με το ερέθισμα που δέχεται. Όσο πιο κοντά στην πραγματική τιμή του ερεθίσματος βρίσκεται το σήμα απάντησης του αισθητήρα, τόσο πιο ακριβής θεωρείται ο αισθητήρας. Αντίστοιχα ανακρίβεια ορίζεται η απόκλιση της μέτρησης του αισθητήρα από την πραγματική τιμή. Ακρίβεια είναι το άθροισμα υπολοίπων χαρακτηριστικών όπως υστέρηση και σφάλματα βαθμονόμησης. Εκφράζεται σαν απόλυτη τιμή του σφάλματος μέτρησης ή σαν ποσοστό της κλίμακας εξόδου ή εισόδου (πχ. Οικιακό θερμόμετρο)

Διακριτική Ικανότητα: Είναι η ελάχιστη μεταβολή μιας φυσικής ποσότητας που μπορεί να γίνει αντιληπτή και να ανιχνευθεί και να καταγραφεί στο σήμα εξόδου του αισθητήρα, ορίζει την ικανότητα του. (πχ ένα θερμόμετρο με διακριτική ικανότητα 0.1 ^{o}C σημαίνει ότι μπορεί να διακρίνει μεταξύ δύο θερμοκρασιών που απέχουν 0.1 ^{o}C, δηλαδή να παράγει εξόδους ελαφρά διαφορετικής τιμής.)

Επαναληψιμότητα: Είναι η ικανότητα ενός αισθητήρα να παράγει σταθερά το ίδιο σήμα εξόδου σε σταθερό ερέθισμα σε πολλές διαφορετικές μετρήσεις υπό τις ίδιες συνθήκες. Η επαναληψημότητα είναι απαραίτητη αλλά όχι αρκετή για να χαρακτηριστεί ακριβής ένας αισθητήρας

Ικανότητα αναπαραγωγής των αποτελεσμάτων: Ένας αισθητήρας έχει την ικανότητα να μας δώσει ακριβή αποτελέσματα σε διαφορετικές χρονικές στιγμές , διαφορετικούς χώρους και διαφορετικό εξοπλισμό.

Ευαισθησία: Η ευαισθησία ενός αισθητήρα είναι η παράγωγος της συνάρτησης μεταφοράς ως προς τη μετρήσιμη φυσική ποσότητα για μια ορισμένη τιμή της ποσότητας αυτής. Για μια γραμμική συνάρτηση μεταφοράς η ευαισθησία του αισθητήρα είναι γραμμική. Ένας αισθητήρας με ιδανικά χαρακτηριστικά έχει μεγάλη και σταθερή ευαισθησία.[Handbook of Modern Sensors_ Physics, Designs, and Applications, 4th Ed Jacob Fraden]

(πχ. Εάν ένας αισθητήρας θερμοκρασίας έχει ευαισθησία 1 mV/^{o}C, συνεπάγεται ότι παράγει έξοδο ίση με 1 mV για κάθε βαθμό της μετρούμενης θερμοκρασίας και προφανώς είναι πιο ευαίσθητος από έναν άλλο αισθητήρα με ευαισθησία 0.5 mV/^{o}C, ο οποίος για κάθε θερμοκρασία παράγει ως έξοδο τη μισή τάση)

$$\text{Ευαισθησία} = \frac{[\text{Μέγιστη τιμή εξόδου}] - [\text{Ελάχιστη τιμή εξόδου}]}{[\text{Μέγιστη τιμή εισόδου}] - [\text{Ελάχιστη τιμή εισόδου}]}$$

Εξίσωση 1- **Ορισμός Ευαισθησίας**

Μονοτονικότητα: Η μονοτονικότητα μιας συνάρτησης μεταφοράς χαρακτηρίζεται από το αν η καμπύλη της συνάρτησης είναι μόνιμα φθίνουσα η μόνιμα αύξουσα καθώς αυξάνεται η μετρούμενη ποσότητα.

Πλήρης κλίμακα εισόδου: Αντιπροσωπεύει την υψηλότερη δυνατή τιμή εισόδου, η οποία μπορεί να εφαρμοστεί στον αισθητήρα χωρίς να προκαλεί απαράδεκτα μεγάλη ανακρίβεια. [Handbook of Modern Sensors_ Physics, Designs, and Applications, 4th Ed Jacob Fraden

Πλήρης κλίμακα εξόδου: Ορίζεται ως η αλγεβρική διαφορά μεταξύ των τιμών εξόδου ενός αισθητήρα που αντιστοιχούν στην μέγιστη και την ελάχιστη ανιχνεύσιμη τιμή της μετρήσιμης φυσικής ποσότητας. [Handbook of Modern Sensors_ Physics, Designs, and Applications, 4th Ed Jacob Fraden]

Υστέρηση: Είναι η απόκλιση μεταξύ των μετρήσεων του αισθητήρα, όταν η μετρήσιμη φυσική ποσότητα προσεγγίζεται από αντίθετες κατευθύνσεις. Προκαλείται από διάφορους παράγοντες ιδιαίτερα μηχανική τάση και τριβή (πχ. Μηχανικά γρανάζια, ρουλεμάν) .[Handbook of Modern Sensors_ Physics, Designs, and Applications, 4th Ed Jacob Fraden]

Σφάλμα μη γραμμικότητας: Σφάλμα γραμμικότητας παρατηρείται στους αισθητήρες των οποίων η λειτουργία μεταφοράς μπορεί να προσεγγισθεί με μια ευθεία γραμμή. Η μη γραμμικότητα είναι μια μέγιστη απόκλιση (L) μιας πραγματικής συνάρτησης μεταφοράς από την κατά προσέγγιση ευθεία γραμμή.

Σφάλματα βαθμονόμησης: Σφάλμα βαθμονόμησης είναι η ανακρίβεια που επιτρέπεται από έναν κατασκευαστή, όταν ένας αισθητήρας βαθμονομείται στο εργοστάσιο. Αυτό το σφάλμα είναι συστηματικού χαρακτήρα, πράγμα που σημαίνει ότι προστίθεται σε όλες τις πιθανές πραγματικές συναρτήσεις μεταφοράς.

Νεκρή Ζώνη: Νεκρή ζώνη είναι η έλλειψη ευαισθησίας του αισθητήρα σε ένα συγκεκριμένο εύρος των σημάτων εισόδου. Σε αυτή την περιοχή, η παραγωγή μπορεί να παραμείνει κοντά σε μια ορισμένη τιμή (συχνά μηδέν) πάνω από μια ολόκληρη νεκρή ζώνη.

Συστηματικά σφάλματα: Τα συστηματικά σφάλματα ενός αισθητήρα χαρακτηρίζονται από διάφορους παράγοντες. Υπάρχουν κάποιες μεταβλητές που μπορεί να επηρεάσουν την λειτουργία ενός αισθητήρα όπως για παράδειγμα θερμοκρασία ή η ατμοσφαιρική πίεση. Επίσης τα εξαρτήματα που αποτελούν τα μέρη του αισθητήρα μπορεί να επηρεαστούν από χημική η μηχανική φθορά. Η μετρίσιμη φυσική ποσότητα μπορεί να επηρεαστεί από την μετρική διαδικασία και τέλος μπορεί να παρατηρηθεί φαινόμενο εξασθένισης του σήματος που παράγει ο αισθητήρας. Τέτοιου είδους σφάλματα διορθώνονταν με διάφορες τεχνικές αντιστάθμισης, όπως φιλτράρισμα του σήματος και ανάδραση.

Τυχαία σφάλματα: Με τον όρο τυχαία σφάλματα αναφέρεται ο «θόρυβος» που στην πραγματικότητα είναι ένα σήμα που δεν μεταφέρει δεδομένα. «Λευκός θόρυβος» είναι ένα πραγματικό τυχαίο σφάλμα που μπορεί να περιγραφεί από μια γκαουσιανή κατανομή. Τέτοιου είδους σφάλματα προκαλούνται από περιβαλλοντικούς παράγοντες ή έχουν σχέση με την πραγματοποίηση της μετρικής διαδικασίας και του τρόπου μετάδοσης του σήματος. Η ελαχιστοποίηση τους επιβάλει τον λόγο του σήματος ως προς τον θόρυβο να είναι πολύ μεγαλύτερος της μονάδας.

Είδος Παραμέτρου	Επιθυμητή Απόκριση
Απόκριση	Ακριβώς γραμμική, χωρίς θόρυβο
Αναφορά	Σημείο μηδέν
Χρόνος Απόκρισης	Μηδενικός για στιγμιαία απόκριση
Εύρος Συχνοτήτων	Άπειρο για στιγμιαία απόκριση
Χρόνος για να προσεγγίσει το 90% της τελικής τιμής του	Μηδέν για στιγμιαία απόκριση
Ένδειξη πλήρους κλίμακας	Βαθμονομημένη μέγιστη έξοδος
Περιοχή λειτουργίας	Άπειρη
Ευαισθησία	Υψηλή και σταθερή σε ολόκληρη περιοχή λειτουργίας
Διακριτική Ικανότητα	Άπειρη

Πίνακας 1-Ιδανικές τιμές των χαρακτηριστικών των αισθητήρων

2.1.3 **Τα είδη των Αισθητήρων**

Τα είδη των αισθητήρων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με ποικίλους τρόπους. Ο συνηθέστερος τρόπος που συναντάται στις μέρες μας έχει να κάνει με την κύρια μορφή ενέργειας που μεταφέρει το σήμα τους. Μπορούν επίσης να ταξινομηθούν με βάση τον τρόπο μεταφοράς του σήματος και τέλος με βάση την κύρια λειτουργία που επιτελούν(3,4)

Με βάση την μορφή ενέργειας οι αισθητήρες ταξινομούνται στις εξής κατηγορίες:

- Θερμικοί
- Μηχανικοί
- Ηλεκτρικοί
- Μαγνητικοί
- Ακτινοβολίας
- (Βιο)χημικοί

Θερμικοί αισθητήρες

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας χρησιμοποιούνται σε ποικίλες εφαρμογές, όπως επεξεργασία τροφίμων, περιβαλλοντικού ελέγχου, ιατρικές συσκευές, χειρισμό χημικών προϊόντων και στην αυτοκινητοβιομηχανία (π.χ., ψυκτικού, εισαγωγής αέρα, θερμοκρασίες κυλίνδρου κεφαλής, κ.λπ.). Αισθητήρες θερμοκρασίας τείνουν να μετρήσουν τη θερμότητα για να εξασφαλιστεί ότι η διαδικασία παραμένει σταθερή σε ένα συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασίας, παρέχοντας ασφαλή χρήση της εν λόγω διαδικασίας, ή να συναντούν μια μέγιστη τιμή όταν ασχολούνται με υπερβολική ζέστη, κινδύνους, ή απρόσιτα σημεία μέτρησης.

Υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες: επαφής και αισθητήρες θερμοκρασίας χωρίς επαφή. Αισθητήρες επαφής περιλαμβάνουν θερμοζεύγη και θερμικές αντιστάσεις που αγγίζουν το αντικείμενο που πρόκειται να μετρηθεί, και αισθητήρες μη-επαφής μετρούν την θερμική ακτινοβολία που απελευθερώνει μια πηγή θερμότητας για να καθοριστεί η θερμοκρασία της. Η τελευταία ομάδα

αισθητήρων μετρά τη θερμοκρασία από απόσταση και συχνά χρησιμοποιείται σε επικίνδυνα περιβάλλοντα.

Θερμοζεύγη

Θερμοζεύγος είναι ένα ζεύγος κόμβων, που σχηματίζεται από δύο διαφορετικά και ανόμοια μέταλλα. Ο ένας κόμβος αντιπροσωπεύει μια θερμοκρασία αναφοράς και ο άλλος είναι η θερμοκρασία που πρέπει να μετρηθεί. Λειτουργούν όταν μια διαφορά θερμοκρασίας προκαλεί μια τάση που εξαρτάται από την θερμοκρασία και η τάση αυτή με τη σειρά της μετατρέπεται σε μια ένδειξη θερμοκρασίας. Χρησιμοποιούνται επειδή είναι φθηνά, τραχιά, και αξιόπιστα, δεν απαιτούν μπαταρία, και επίσης λειτουργούν σε μία ευρεία περιοχή θερμοκρασίας. Θερμοζεύγη μπορούν να επιτύχουν καλή απόδοση μέχρι 2750 ° C, και μπορεί ακόμη και να χρησιμοποιηθούν για σύντομες περιόδους σε θερμοκρασίες μέχρι 3000 ° C και τόσο χαμηλά όσο -250 ° C.

Θερμίστορ

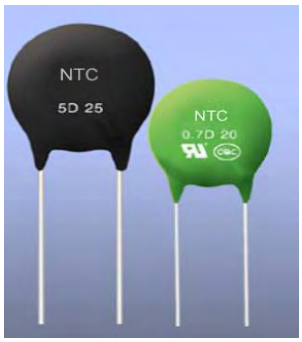
Τα Θερμίστορ, όπως τα θερμοζεύγη, είναι επίσης φθηνά, εύκολα διαθέσιμα, εύκολα στη χρήση και προσαρμόσιμα σαν αισθητήρες θερμοκρασίας. Χρησιμοποιούνται, ωστόσο, για να ληφθούν απλές μετρήσεις θερμοκρασίας και όχι για εφαρμογές υψηλής θερμοκρασίας. Είναι κατασκευασμένα από υλικό ημιαγωγού με μια αντίσταση η οποία είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στη θερμοκρασία. Η αντίσταση ενός θερμίστορ μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, έτσι ώστε, όταν αλλάζει ή θερμοκρασία, οι αλλαγές της αντίστασης να είναι προβλέψιμες. Χρησιμοποιούνται ευρέως για να περιορίζουν την εισροή ρεύματος, σαν αισθητήρες θερμοκρασίας, επίσης συμβάλουν στην αυτό-επαναφορά σε περίπτωση υπέρτασης και αυτό-ρυθμίζουν τα στοιχεία θέρμανσης.

Ανιχνευτές θερμοκρασίας αντίστασης

Ανιχνευτές θερμοκρασίας αντίστασης είναι αισθητήρες θερμοκρασίας με μια αντίσταση που αλλάζει την τιμής της ταυτόχρονα με τις αλλαγές της θερμοκρασίας. Είναι ακριβείς και είναι γνωστή για την επαναληψημότητα και τη σταθερότητα τους, μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασίας από -50 ° C έως 500 ° C και -200 ° C έως 850 ° C ανάλογα με το υλικό.

Υπέρυθροι αισθητήρες

Οι υπέρυθροι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της θερμοκρασίας επιφάνειας που κυμαίνεται από -70 έως 1000 ° C. Μετατρέπουν θερμική ενέργεια, που αποστέλλεται από ένα αντικείμενο σε εύρος μήκους κύματος των 0,7 έως 20 μικρομέτρων, σε ένα ηλεκτρικό σήμα που μετατρέπεται σε μονάδες θερμοκρασίας προκειμένου να απεικονιστεί, μετά την αντιστάθμιση, για οποιαδήποτε θερμοκρασία που περιβάλει το αντικείμενο.



Εικόνα 4-Θερμίστορ

Τύπος Αισθητήρα	Σήμα Εξόδου	Εύρος (°C)	Πιστότητα (±C)	Αντοχή	Κόστος
Θερμοζεύγος	40μV. $^{o}C^{-1}$	-270-2300	1.5	Υψηλή	Χαμηλό
Αντιστάτης Πλατίνας	0,4%. $^{o}C^{-1}$	-200-600	0,2	Μέση	Μέσο
Αντιστάτης Νικελίου	0,4%. $^{o}C^{-1}$	-200-600	0,3	Μέση	Χαμηλό
Θερμίστορ	5%. $^{o}C^{-1}$	-50-200	0,2	Υψηλή	Μέσο
Ημιαγωγοί	10mV. $^{o}C^{-1}$ ή 1μA. $^{o}C^{-1}$	-40-125	1,5	Μέση	Χαμηλό
Εξ' αποστάσεως	mV	0-6000+	2	Χαμηλή	Υψηλό
Οπτικές Ίνες	Ποικίλει	-100-200	1	Μέση	Πολύ Υψηλό
Κρυογενικοί	Ποικίλει	-273,15--200	Ποικίλει έως ±0,001	Ποικίλει	Ποικίλει

Πίνακας 2-Χαρακτηριστικά διαφόρων τύπων αισθητήρων

Μηχανικοί αισθητήρες

Οι κατηγορίες των μηχανικών αισθητήρων για τη μέτρηση μηχανικών φαινομένων είναι:

- μετατόπισης,
- τοποθεσίας,
- αισθητήρες θέσης,
- αισθητήρες τάσης
- αισθητήρες κίνησης
- αισθητήρες πίεσης
- αισθητήρες ροής

Οι Μηχανικοί αισθητήρες μετρούν την αλλαγή σε μια μηχανική ιδιότητα ενός αντικειμένου ή του συστήματος. Ο πρωταρχικός μηχανικός αισθητήρας είναι ο μετρητής τάσεως, ο οποίος αποτελεί τη βάση πολλών διαφορετικών τύπων μηχανικών αισθητήρων. Ένας μετρητής τάσεως είναι μια μεταβλητή αντίσταση που μετρά την ποσότητα της παραμόρφωσης που υπομένει ένα μέρος όταν επηρεάζεται από μια δύναμη. Μετρητές τάσης αποτελούν τη βάση των κυττάρων φορτίου, αισθητήρων υγρασίας και μετατροπείς πίεσης. Ένας άλλος κοινός μηχανικός αισθητήρας είναι το ποτενσιόμετρο, το οποίο μετρά γωνιακή ή γραμμική μετατόπιση.

Ηλεκτρικοί αισθητήρες

Οι Ηλεκτρικοί αισθητήρες εξετάζουν την αλλαγή σε ηλεκτρικά που βασίζονται σε μια περιβαλλοντική είσοδο. Παραδείγματα των ηλεκτρικών αισθητήρων είναι απλοί ηλεκτρικοί μετρητές, όπως βολτόμετρα και ωμόμετρα.

Μαγνητικοί αισθητήρες

Οι Μαγνητικοί αισθητήρες ανιχνεύουν μεταβολές και διαταραχές στο μαγνητικό πεδίο όπως η ροή, η δύναμη και η κατεύθυνση. Οι μαγνητικοί αισθητήρες χωρίζονται σε δύο ομάδες, αυτές που μετρούν το πλήρες μαγνητικό πεδίο και αυτές που μετρούν συνιστώσες διανυσμάτων του μαγνητικού πεδίου. Οι συνιστώσες διανυσμάτων του φορέα είναι τα επιμέρους σημεία του μαγνητικού πεδίου. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία αυτών των

αισθητήρων περιλαμβάνουν διάφορους συνδυασμούς των Φυσικών Επιστημών και Ηλεκτρονικής.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για να κάνουν ένα μαγνητικό αισθητήρα να λειτουργεί. Αυτοί είναι η Πύλη ροής μαγνητισμού, το φαινόμενο του Hall, μαγνητοαντιστάσεις, μαγνητό-επαγωγική, μετάπτωση πρωτονίων, οπτική αντλία, πυρηνική εκτροπή, και το SQUID (υπέρ-αγώγιμες διατάξεις κβαντικής παρεμβολής). Το καθένα έχει μια διαφορετική προσέγγιση για τη χρήση μαγνητικών αισθητήρων.

Αισθητήρες ακτινοβολίας

Ένας αισθητήρας ακτινοβολίας παράγει ένα σήμα εξόδου, που δείχνει την ένταση του φωτός, μετρώντας την ενέργεια της ακτινοβολίας που υπάρχει σε ένα πολύ στενό εύρος συχνοτήτων -που βασικά ονομάζεται "φως"-, και το οποίο κυμαίνεται σε συχνότητα από "Υπέρυθρο" σε "Ορατό" έως "Υπεριώδες" φάσμα του φωτός. Ο αισθητήρας ακτινοβολίας είναι μια παθητική συσκευή που μετατρέπει αυτή την "ενέργεια του φωτός" είτε του ορατού είτε του υπέρυθρου φάσματος σε ένα ηλεκτρικό σήμα εξόδου.

Οι αισθητήρες ακτινοβολίας, είναι ευρύτερα γνωστοί ως «Φωτοηλεκτρικές συσκευές» ή "Αισθητήρες Φωτός", επειδή μετατρέπουν την ενέργεια του φωτός (φωτόνια)σε ηλεκτρική ενέργεια (ηλεκτρόνια). Οι «Φωτοηλεκτρικές συσκευές" μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο βασικές κατηγορίες: σε εκείνες οι οποίες παράγουν ηλεκτρισμό όταν φωτίζονται, όπως φωτοβολταϊκά συστήματα, καθώς και σε εκείνες που αλλάζουν τις ηλεκτρικές ιδιότητες τους με κάποιο τρόπο, όπως Φώτο-αντιστάτες ή Φώτο-αγωγούς.

Χημικοί Αισθητήρες

Οι Χημικοί αισθητήρες μετρούν την παρουσία και την ποσότητα ενός συγκεκριμένου χημικού σε ένα περιβάλλον. Μερικοί χημικοί αισθητήρες συμπεριλαμβάνουν ανιχνευτές ραδονίου και μονοξειδίου του άνθρακα, όπως αισθητήρες οξυγόνου αυτοκινήτων και αισθητήρες pH. Μερικοί χημικοί αισθητήρες είναι σχεδιασμένοι για την ανίχνευση μιας συγκεκριμένης ένωσης ή ενός ιόντος για εξειδικευμένες λειτουργίες δοκιμών. Περιέχουν δυο βασικές λειτουργικές μονάδες: ένα τμήμα υποδοχής και ένα τμήμα μετατροπής. Μερικοί από αυτούς μπορεί να περιέχουν ένα διαχωριστικό τμήμα που είναι για παράδειγμα μια μεμβράνη. Στο

τμήμα υποδοχής ενός αισθητήρα η χημική πληροφορία μετατρέπεται σε μια μορφή ενέργειας που μπορεί να μετρηθεί από τον μετατροπέα. Το τμήμα μετατροπής είναι μια συσκευή ικανή να μετατρέπει την ενέργεια που μεταφέρει η χημική πληροφορία του δείγματος σε ένα χρήσιμο προς ανάλυση σήμα.

Το τμήμα υποδοχής μπορεί να βασίζεται σε πολλές αρχές:

Φυσική, όπου καμία χημική αντίδραση δεν λαμβάνει μέρος. Τυπικά παραδείγματα είναι αυτά που βασίζονται στην μέτρηση της απορρόφησης, στον δείκτη διάθλασης, στην αγωγιμότητα, στην θερμοκρασία ή στην αλλαγή μάζας.

Χημική, στην οποία μια χημική διαδικασία με την συμμετοχή του αναλυτή δημιουργεί το σήμα προς ανάλυση.

Βιοχημική, στην οποία μια βιοχημική διαδικασία είναι η πηγή του αναλυτικού σήματος. Τυπικά παραδείγματα είναι η μικροβιακοί ποτενσιομετρικοί αισθητήρες ή άνοσο-αισθητήρες. Τέτοιοι αισθητήρες μπορεί να κατατάσσονται σαν υποομάδα των χημικών αισθητήρων και ονομάζονται βίο-αισθητήρες.

Σε κάποιες περιπτώσεις δεν είναι δυνατόν να αποφασιστεί απερίφραστα αν ένας αισθητήρας λειτουργεί με βάση μια χημική η φυσική αρχή. Αυτή είναι για παράδειγμα η περίπτωση που το σήμα οφείλεται σε μια διαδικασία προσφόρησης. (Προσφόρηση είναι η ικανότητα των στερεών ουσιών να προσελκύουν στην επιφάνεια τους μόρια από της ουσίες η τα αέρια που έρχονται σε επαφή)

Ασύρματοι τύποι Αισθητήρων

Οι ασύρματη αισθητήρες είναι τυποποιημένα εργαλεία μέτρησης, που είναι εξοπλισμένα με πομπούς για να μετατρέπουν τα σήματα από τα μέσα ελέγχου της διαδικασίας σε μια ραδιοφωνική μετάδοση. Το ραδιοφωνικό σήμα ερμηνεύεται από έναν δέκτη, που στη συνέχεια μετατρέπει το ασύρματο σήμα σε ένα συγκεκριμένο επιθυμητής εξόδου, όπως ένα αναλογικό ρεύμα ή ανάλυση δεδομένων μέσω του λογισμικού του υπολογιστή.

Κύρια οφέλη από τη χρήση ασύρματων αισθητήρων:

Ασφάλεια: Τα ασύρματα μέσα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιοχές που είναι δύσκολο να έχουν πρόσβαση λόγω των ακραίων συνθηκών, όπως η υψηλή θερμοκρασία, pH, πίεση, κλπ. Με την χρήση ασύρματων αισθητήρων, οι φορείς εκμετάλλευσης μπορούν να εποπτεύουν συνεχώς τις διαδικασίες σε επικίνδυνα

περιβάλλοντα και να αναφέρουν τα δεδομένα σε μια επιχείρηση από μια εγκατάσταση παρακολούθησης που βρίσκεται σε απόσταση ασφαλείας. Η ασύρματη μέτρηση είναι επίσης χρήσιμη για την απόκτηση δεδομένων σε δύσκολα προσβάσιμες τοποθεσίες.

Ευκολία: Οι ασύρματοι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να σχηματίσουν έναν δίκτυο που θα επιτρέψει σε ένα μηχανικό να παρακολουθεί έναν αριθμό από διαφορετικές θέσεις από ένα σταθμό. Αυτό παρέχει ένα κεντρικό έλεγχο ενός εργοστασίου. Επιπροσθέτως, ένας αριθμός των ασύρματων αισθητήρων έχει τη δυνατότητα να δημιουργεί μια μοναδική ιστοσελίδα ανεβάζοντας τα δεδομένα ταχύτατα κάνοντας τα προσβάσιμα σε όλο τον κόσμο.

Μείωση του κόστους: Ο Ασύρματος έλεγχος της διαδικασίας μπορεί να μειώσει το κόστος της παρακολούθησης και λειτουργίας ενός εργοστασίου, εξαλείφοντας την ανάγκη για το σύρμα επέκτασης, αγωγό, και άλλα δαπανηρά εξαρτήματα.

Όλα τα ασύρματα προϊόντα διευρύνουν τις δυνατότητες των παραδοσιακών ενσύρματων αισθητήρων και των ελεγκτών. Εκτενή σειρά προϊόντων περιλαμβάνει ασύρματους πομπούς και μέτρα που έχουν ενσωματωμένες οθόνες, συναγερμούς, και ελεγχόμενες εξόδους. Η εναλλαγή σε ασύρματα μέσα θα παρέχει άνεση και αύξηση των δυνατοτήτων του συστήματος.

Επιλέγοντας ένα ασύρματο αισθητήρα υπάρχουν μια σειρά από στοιχεία για να εξετάσει πότε θα προτιμήσουμε ένα ασύρματα όργανο μέτρησης.

Είδος μέτρησης: Είναι σημαντικό να κατανοήσουμε αυτό που μετριέται. Ασύρματοι πομποί (που ενσωματώνουν ασύρματη διεργασία μέτρησης και έλεγχου) συνήθως έχουν μια μοναδική λειτουργία. Οι αισθητήρες έχουν σχεδιαστεί ειδικά για τη θερμοκρασία, πίεση, ροή, κλπ., και πρέπει να επιλέγονται ανάλογα.

Χρόνος απόκρισης και ακρίβειας: Οι περισσότεροι ασύρματοι αισθητήρες είναι τόσο ακριβείς όσο και ενσύρματοι ομόλογοι τους, ωστόσο οι μετρήσεις μεταδίδονται συνήθως κάθε λίγα δευτερόλεπτα για να διατηρηθεί η ισχύς της μπαταρίας. Αν μια στιγμιαία μέτρηση είναι απαραίτητη, αυτό πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την επιλογή του ασύρματου πομπού, επειδή ορισμένα μοντέλα δεν

μπορούν να προσφέρουν το επιθυμητό χρόνο απόκρισης.

Εμβέλεια: Η εμβέλεια των ασύρματων αισθητήρων ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό. Μερικοί έχουν σχεδιαστεί για μικρής εμβέλειας, εσωτερικές εφαρμογές για μερικές εκατοντάδες μέτρα, ενώ άλλοι αισθητήρες μπορούν να μεταδώσουν δεδομένα σε έναν δέκτη που βρίσκεται μίλια μακριά. Ανεξάρτητα από την ικανότητα των αισθητήρων, το εύρος ενός ασύρματου σήματος πάντα περιορίζεται από εμπόδια. Η μετάδοση μέσω μηχανημάτων, των τοίχων και των δομών των κτιρίων υποβαθμίζει την ισχύ του σήματος και μειώνει την ικανότητα εμβέλειας.

Ως αποτέλεσμα, το εύρος ενός πομπού που βρίσκεται σε εσωτερικούς χώρους είναι τυπικά σημαντικά μικρότερο από την ίδια μετάδοση πομπού έξω σε ανοιχτό πεδίο.

Συχνότητα: Η συχνότητα της ραδιοφωνικής μετάδοσης είναι επίσης σημαντικό να εξεταστεί. Οι νόμοι διαφέρουν ανά χώρα και περιοχή για το ποια τμήματα του ασύρματου φάσματος είναι διαθέσιμα για χρήση χωρίς ειδικές άδειες. Στις ΗΠΑ τα 915MHz, 2.4GHz (WiFi) είναι τα μεγάλα εργοστάσια συχνοτήτων και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μεταδοθούν σήματα. Στο πλαίσιο της βιομηχανικής, επιστημονικής και ιατρικής ζώνης, οι χρήστες δεν χρειάζονται άδεια για να λειτουργήσουν ραδιοφωνική εκπομπή σε αυτές τις συχνότητες. Στην Ευρώπη, τα ασύρματα προϊόντα συνήθως λειτουργούν σε 868MHz ή 2.4GHz. Λόγω των ρυθμιστικών απαιτήσεων, τα προϊόντα μπορεί να είναι διαθέσιμα μόνο σε ορισμένες περιοχές.

2.1.4 **Εφαρμογές Αισθητήρων**

Οι αισθητήρες ταξινομούνται σύμφωνα με τη μορφή του σήματος διέγερσης. Εδώ δίνονται οι εφαρμογές τους σύμφωνα με αυτή την ταξινόμηση.

- **Μηχανική ενέργεια**: χρησιμοποιείται για μέτρηση θέσης, επιτάχυνσης, ροής, δύναμης, ταχύτητας, μάζας και ροπής
- **Ηλεκτρική ενέργεια**: χρησιμοποιείται για μέτρηση έντασης, τάσης, πόλωσης αντίστασης, αγωγιμότητας και συχνότητας
- **Ακουστική ενέργεια**: χρησιμοποιείται για μέτρηση φάσης, μήκους κύματος, πόλωσης, φάσματος και ταχύτητας κύματος

• **Βιολογική ενέργεια**: χρησιμοποιείται για μέτρηση (τύπου, κατάστασης και συγκέντρωσης) βιομάζας, σάκχαρα και πρωτεΐνες

• **Χημική ενέργεια**: χρησιμοποιείται για μέτρηση υγρασίας, pH, συγκέντρωσης και ιδιοτήτων συστατικών και συγκέντρωση αερίων και ατμών

• **Μαγνητική ενέργεια**: χρησιμοποιείται για μέτρηση έντασης μαγνητικού πεδίου, ροής και μαγνητικής διαπερατότητας

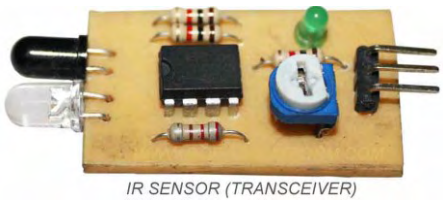
• **Οπτική ενέργεια**: χρησιμοποιείται για μέτρηση μήκους κύματος, φάσης, πόλωσης, φάσματος και απορρόφησης

• **Ακτινοβολία**: χρησιμοποιείται για μέτρηση ενέργειας, μικροκυμάτων και φωτεινότητας

• **Θερμική ενέργεια**: χρησιμοποιείται για μέτρηση θερμοκρασίας, θερμότητας, ροής θερμότητας και θερμικής αγωγιμότητας.

Εικόνα 5-**Διάφοροι τύποι αισθητήρων.**

Εικόνα 6-Geophone (SM-24), Bandwidth 10Hz to 240Hz, standard resistance 375**Ω**



Εικόνα 7-**Αισθητήρας υπέρυθρων**

Εικόνα 8-Οι αισθητήρες κίνησης τοποθετούνται σε σημεία που μπορούν να ελέγξουν περιμετρικά κάποια ανοίγματα όπως οι πόρτες και τα παράθυρα

Είδος Αισθητήρα	Τεχνολογία που κυρίως χρησιμοποιείται	Ενδεικτικές Εφαρμογές
Οπτικοί αισθητήρες	CMOS	Καταναλωτικά ηλεκτρονικά, τηλεδιασκέψεις(video conferencing),Όραση Η/Υ, Επιτήρηση-ασφάλεια οδικής κυκλοφορίας
Ανιχνευτές κίνησης	Υπέρυθρη ακτινοβολία, υπέρηχοι, μικροκύματα-radar	Ενεργοποίηση Εσωτερικού-Εξωτερικού φωτισμού, Έλεγχος κτηρίων Ασφάλεια-ανίχνευση εισβολής σε προστατευόμενο χώρο, ανίχνευση εμποδίων, προσομοίωση, video games
Βιο-αισθητήρες	Ηλεκτροχημική	Έλεγχος υδάτων, Ανίχνευση μόλυνσης σε τρόφιμα, Ανίχνευση χημικών βιολογικών πολεμικών αερίων, Ιατρικές συσκευές κάθε είδους
Επιταχυνσιόμετρα	Μικρό-ηλεκτρομηχανική	Βηματοδότες, Αισθητήρες αυτοκινητοβιομηχανίας (αερόσακοι) αεροναυπηγική

Πίνακας 3- Είδη αισθητήρων και η χρήση τους

2.2 **Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων**

2.2.1 **Ιστορία**

Όπως το Internet, αλλά και πολλές άλλες τεχνολογικές εφαρμογές, που αναπτύχθηκαν αρχικά για λογαριασμό στρατιωτικών προγραμμάτων και κατέληξαν αρκετά χρόνια αργότερα να έχουν μία ευρύτερη πολιτική χρήση, έτσι και τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων ήταν μια στρατιωτική ιδέα για το μελλοντικό πεδίο μάχης. Το πρώτο δίκτυο αισθητήρων ήταν το Sound Surveillance System (SOSUS), το οποίο χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στις αρχές τις δεκαετίας του 1950, κατά την διάρκεια του ψυχρού πολέμου, για την ανίχνευση και τον εντοπισμό Σοβιετικών υποβρυχίων. Χρησιμοποιούσε ειδικά υδρόφωνα ως αισθητήρες. Το SOSUS βρίσκεται ακόμη σε λειτουργία και χρησιμοποιείται για ειρηνικούς σκοπούς (πχ. ανίχνευση σεισμικών δονήσεων και καταγραφή δραστηριότητας θαλάσσιων οργανισμών).

Οι ρίζες των δικτύων Ad-Hoc (Ad-Hoc σημαίνει «για αυτόν τον σκοπό») βρίσκονται πίσω στο 1968, όταν ξεκίνησε το έργο πάνω στο δίκτυο ALOHA, στόχος του οποίου ήταν η διασύνδεση εκπαιδευτικών κτιρίων στη Χαβάη. Η ιδέα ήταν να χρησιμοποιηθούν χαμηλού κόστους ερασιτεχνικά ραδιοφωνικά συστήματα για τη δημιουργία ενός δικτύου υπολογιστών για τη διασύνδεση των διασκορπισμένων κτηρίων της πανεπιστημιούπολης. Η αρχική έκδοση του πρωτόκολλου ALOHA χρησιμοποιούσε δύο ξεχωριστές ραδιοφωνικές συχνότητες και μια τοπολογία αστέρα με ένα κεντρικό σταθμό (hub/star configuration).

Ο κεντρικός σταθμός μετέδιδε πακέτα σε όλους τους άλλους σταθμούς στο κανάλι εξόδου (out bound channel), ενώ οι υπόλοιποι σταθμοί έστελναν δεδομένα στον κεντρικό σταθμό στο κανάλι εισόδου (in bound channel). Παρόλο που στηθήκανε σταθεροί σταθμοί, το πρωτόκολλο ALOHA επέτρεπε τη διαχείριση για διανεμημένη πρόσβαση καναλιών (distributed channel access management) και έτσι εξασφάλισε μια βάση για τη μετέπειτα ανάπτυξη των σχημάτων διανεμημένης πρόσβασης καναλιού, που ήταν κατάλληλα για τα δίκτυα Ad-Hoc. Το πρωτόκολλο ALOHA από μόνο του ήταν ένα πρωτόκολλο singlehop, οπότε δεν υποστήριζε από μόνο του τη δρομολόγηση πακέτων.

Αντίθετα, κάθε κόμβος έπρεπε να είναι εντός εμβέλειας όλων των υπόλοιπων κόμβων του δικτύου. Αυτή η αρχική μορφή του πρωτοκόλλου αποκαλείται σήμερα "Pure ALOHA" για να ξεχωρίζει από τις καινούριες μορφές του

πρωτοκόλλου, όπως την "Slotted ALOHA". Το "Pure ALOHA" πρωτόκολλο είχε ένα μέγιστο throughput (παροχέτευση) της τάξης του 18.4% της συνολικής χωρητικότητας.

Αυτό σημαίνει ότι περίπου το 81.6% του διαθέσιμου εύρους ζώνης μένει ανεκμετάλλευτο εξαιτίας των απωλειών από τις συγκρούσεις πακέτων (packet collisions). Η βελτίωση του "Pure ALOHA" οδήγησε στη δημιουργία του πρωτοκόλλου "Slotted ALOHA", το οποίο εισήγαγε την έννοια του timeslot και αύξησε την απόδοση του πρωτοκόλλου στο 36.8%.

Κάθε κόμβος μπορεί να στέλνει πακέτα μόνο στην αρχή ενός timeslot, με αποτέλεσμα να μειώνονται οι συγκρούσεις των πακέτων. Εμπνευσμένο από το δίκτυο ALOHA και την προηγούμενη ανάπτυξη του packetswitching σε σταθερά δίκτυα, το DARPA ξεκίνησε το 1973 στο PRnet (PacketRadioNetwork), ένα δίκτυο multihop. Ο όρος multihop υποδηλώνει τη συνεργασία των κόμβων για την αναμετάδοση της δικτυακής κίνησης μεταξύ τους, ώστε να φτάνουν σε μακρινούς σταθμούς που διαφορετικά θα ήταν εκτός εμβέλειας.

Το PRnet παρείχε μηχανισμούς για τη διαχείριση των εργασιών είτε κεντρικά, είτε διανεμημένα. Διαπιστώθηκε ότι η τεχνική του multihop αύξησε τη χωρητικότητα του δικτύου, καθώς ο χώρος μπορούσε να επαναχρησιμοποιηθεί για συνεχόμενες, αλλά ξεχωριστές μεταξύ τους multihopsessions.

Παρόλο που πολλά πειραματικά δίκτυα τύπου PacketRadio αναπτύχθηκαν αργότερα, αυτά τα ασύρματα συστήματα δεν έφτασαν ποτέ στην αγορά. Όταν το Ινστιτούτο IEEE ανέπτυσσε το πρότυπο IEEE 802.11 το 1997 για ασύρματα τοπικά δίκτυα (WirelessLocalAreaNetwork, WLAN), αντικατέστησε τον όρο PacketRadioNetwork με τον όρο Ad-HocNetwork. Το αμέσως επόμενο δίκτυο αισθητήρων ήταν το SmartDust(1998) της DARPA και αναπτύχθηκε επίσης για στρατιωτική χρήση. Βασίστηκε στην ιδέα, ότι χιλιάδες μικροσκοπικοί αισθητήρες θα μπορούσαν να διασκορπιστούν από ένα μικρό, μη επανδρωμένο αεροπλάνο για να συλλέγουν πληροφορίες από τον εχθρό στο πεδίο της μάχης.

Τέλος, καταλήγουμε στα δίκτυα που δεν έχουν καθόλου κεντρική διαχείριση, όπως τα MANET(2004) και τα PAN (PersonalAreaNetwork). Σταδιακά, τα WSNs(Wireless Sensor Networks) άρχισαν να χρησιμοποιούνται σε πληθώρα εφαρμογών και χάρη στην έρευνα που γίνεται πάνω σε αυτά, αναπτύσσονται και βελτιώνονται με ραγδαίο ρυθμό.

Οι εφαρμογές των ασύρματων δικτύων αισθητήρων είναι πολυποίκιλες: στη συλλογή μετεωρολογικών και ωκεανογραφικών δεδομένων, στην παρακολούθηση

κινήσεων μεμονωμένων ζώων και κοπαδιών, στις γεωργικές εργασίες υψηλής ακρίβειας, στα συστήματα ασφάλειας ευαίσθητων εγκαταστάσεων, στον έλεγχο τεχνικών κατασκευών για την πρόληψη καταστροφικών αστοχιών, στην ιατρική.

Μια τέτοια «επανάσταση» δε μπορεί παρά να έχει και πολύ σημαντικές κοινωνικές συνέπειες: κινδύνους για καταστάσεις «Μεγάλου Αδελφού», αλλά και δυνατότητα παρακολούθησης από μακριά ηλικιωμένων και μικρών παιδιών, πιθανή ανεργία, αλλά και ορθολογικότερη αξιοποίηση του ανθρώπινου δυναμικού.

2.2.2 **Λειτουργία και χαρακτηριστικά**

Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (Wireless Sensor Network) είναι ένα ασύρματο δίκτυο, το οποίο αποτελείται από μερικές δεκάδες ή χιλιάδες κόμβους (sensor nodes), που διασκορπίζονται στο χώρο με σκοπό να ελέγξουν τις φυσικές ή περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως θερμοκρασία, ήχο, πίεση, κίνηση ή τους ρύπους. Οι κόμβοι είναι μικροί σε μέγεθος, με χαμηλό κόστος και κατανάλωση ενέργειας.

Επίσης αποτελείται από έναν ή περισσότερους σταθμούς βάσης (base station), όπου συγκεντρώνονται οι πληροφορίες που συλλέχθηκαν και υφίστανται επεξεργασία, καθώς και δικτυακό εξοπλισμό. Ένα δίκτυο αισθητήρων αποτελεί συνήθως ένα ασύρματο ad-hoc δίκτυο, που σημαίνει ότι κάθε αισθητήρας υποστηρίζει έναν αλγόριθμο δρομολόγησης πολλαπλών βημάτων (multi-hop), κατά την οποία οι ενδιάμεσοι κόμβοι προωθούν πληροφορίες στους γείτονές τους.

Η επικοινωνία στα δίκτυα αισθητήρων είναι επικοινωνία εκπομπής (broadcast). Δηλαδή κάθε κόμβος εκπέμπει προς όλους τους γειτονικούς του και το σήμα του λαμβάνεται υπόψη μόνο από όσους «ενδιαφέρονται», με στόχο την αποστολή των δεδομένων στους σταθμούς βάσης, οι οποίοι έχουν απεριόριστο αποθηκευτικό χώρο και ενέργεια. Το μεγάλο πλεονέκτημα που προκύπτει από την εγκατάσταση ενός τέτοιου δικτύου, είναι ότι δεν είναι απαραίτητη η εκ των προτέρων γνώση της τοπολογίας του. Η δυνατότητα αυτή επιτρέπει την ταχεία ανάπτυξη δικτύων αυτού του τύπου σε δύσβατες περιοχές.[6]

Το μέγεθος ενός κόμβου μπορεί να είναι όσο ένα κουτί παπουτσιών ή όσο ένας κόκκος σκόνης. Ένα τυπικό δίκτυο αισθητήρων αποτελείται πολλές φορές από χιλιάδες τέτοιους κόμβους, κατανεμημένους στο χώρο που θα παρακολουθούν είτε τυχαία, είτε σύμφωνα με κάποια προκαθορισμένη στατιστική κατανομή. Το κόστος των κόμβων είναι εξίσου κυμαινόμενο, μεταξύ μερικών χιλιάδων δολαρίων

έως μερικά cents, ανάλογα με το μέγεθος του δικτύου και την πολυπλοκότητα των μεμονωμένων κόμβων. Οι περιορισμοί μεγέθους και κόστους έχουν σαν αποτέλεσμα αντίστοιχους περιορισμούς στην ενέργεια, τη μνήμη, την υπολογιστική ισχύ και το εύρος ζώνης.

Τα κύρια συστατικά από τα οποία αποτελούνται οι κόμβοι είναι ο αισθητήρας (sensing unit), η μονάδα επεξεργασίας (processing unit), ο πομποδέκτης (transceiver) και η μονάδα παροχής ενέργειας (power unit).

Αναλυτικότερα :

- Η κύρια λειτουργία του sensing unit είναι να αισθάνεται ή να μετρά φυσικά μεγέθη ή την αναλογική τάση στην έξοδο του αισθητήρα, ψηφιοποιείται από τον αναλογικοψηφιακό μετατροπέα (analog-to-digital converter, ADC) και μεταφέρεται στο processing unit για επεξεργασία.
- Το processing unit είναι η καρδιά κι ο εγκέφαλος του κόμβου. Επεξεργάζεται τα δεδομένα που δέχεται από τον αισθητήρα , αποφασίζει πότε και πού θα τα στείλει, δέχεται δεδομένα από άλλους κόμβους και καθοδηγεί τους actuators. Εκτελεί δηλαδή ενα πλήθος προγραμμάτων, από επεξεργασία σήματος και επικοινωνιακά πρωτόκολλα μέχρι προγράμματα εφαρμογών. Τα δεδομένα που συλλέγονται από τον αισθητήρα υφίστανται μια πρώτη επεξεργασία στον κόμβο, έτσι ώστε το δίκτυο να μπορεί να λειτουργήσει και με χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης.
- Στα δίκτυα αισθητήρων η μετάδοση των δεδομένων γίνεται με τη χρήση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (RF). Έτσι σε κάθε κόμβο υπάρχει ένας πομποδέκτης (tranceiver) που λειτουργεί (συνήθως) στην περιοχή 433MHz μέχρι 2.4GHz και μετατρέπει τα ψηφιακά δεδομένα σε ραδιοκύματα και το αντίστροφο. Εξάλλου ο πομποδέκτης πρέπει να υλοποιεί και το πρωτόκολλο ασύρματης δικτύωσης που επιλέχθηκε για το δίκτυο αισθητήρων. Εκτός από τα «κλασικά» πρωτόκολλα IEEE 802.11 (Wi-Fi) και 802.15.1 (Bluetooth), ολοένα και περισσότερο χρησιμοποιείται το 802.15.4 (ZigBee). Αυτό σχεδιάστηκε για ασύρματα δίκτυα μικρής έκτασης, με μικρές απαιτήσεις bitrate, όπως τα δίκτυα αισθητήρων. Για τον περιορισμό της απαιτούμενης ισχύος οι πομποδέκτες αδρανοποιούνται όταν δεν έχουν να στείλουν ή να λάβουν δεδομένα και «ξυπνούν» με κατάλληλο σήμα του μικρό-ελεγκτή ή όταν έρχονται σήματα από κόμβους (wakeup radio).
- Η «αχίλλειος πτέρνα» των ασύρματων δικτύων αισθητήρων είναι η αδιάλειπτη παροχή ισχύος, με δεδομένο ότι, σε αρκετές περιπτώσεις οι κόμβοι μπορεί να βρίσκονται σε δυσπρόσιτα για τον άνθρωπο σημεία. Οι κόμβοι είναι σχεδιασμένοι

ώστε να μπορούν να λειτουργήσουν με κοινές αλκαλικές μπαταρίες. Όμως η συχνή αντικατάστασή τους δεν είναι πάντα εφικτή. Η λύση του προβλήματος θα μπορούσε να είναι (και γίνεται εντατική ερευνητική προσπάθεια σ' αυτήν την κατεύθυνση) η άντληση ενέργειας (energy scavenging) από το περιβάλλον και βέβαια η χρήση ηλεκτρονικών πολύ χαμηλής κατανάλωσης

Η ανάπτυξη των ασύρματων δικτύων αισθητήρων (WSN) ξεκίνησε αρχικά από τον στρατό για εφαρμογές όπως η επιτήρηση του πεδίου μάχης. Όμως υπάρχει μεγάλο εύρος από εφαρμογές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ασύρματα δίκτυα. Οι κόμβοι αισθητήρων στην ιατρική μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση και βοήθεια ασθενών. Ακόμη μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές έξυπνων σπιτιών για συναγερμό ή παρακολούθηση συσκευών, σε εφαρμογές στην βιομηχανία για παρακολούθηση μηχανών, για έλεγχο συμφόρησης στο οδικό δίκτυο, όπως και παρακολούθηση σε οικιστικές περιοχές.

Η ραγδαία ανάπτυξη των ασύρματων επικοινωνιών και ηλεκτρονικών συσκευών οδήγησε στην ανάπτυξη φτηνότερων και μικρότερων αισθητήρων. Βασικά ένας κόμβος αισθητήρα έχει επεξεργαστική ισχύ, ασύρματες δυνατότητες επικοινωνίας και συσκευές αίσθησης. Όμως για την ελαχιστοποίηση του κόστους έχουν συνήθως επικοινωνία μικρής εμβέλειας, χαμηλή ενέργεια και χαμηλή επεξεργαστική ισχύ. Από τα πιο πάνω, αυτό που περιορίζει τις εφαρμογές περισσότερο είναι η μικρή ποσότητα ενέργειας, αφού είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που καθορίζει την διάρκεια ζωής ενός κόμβου αισθητήρα [11].

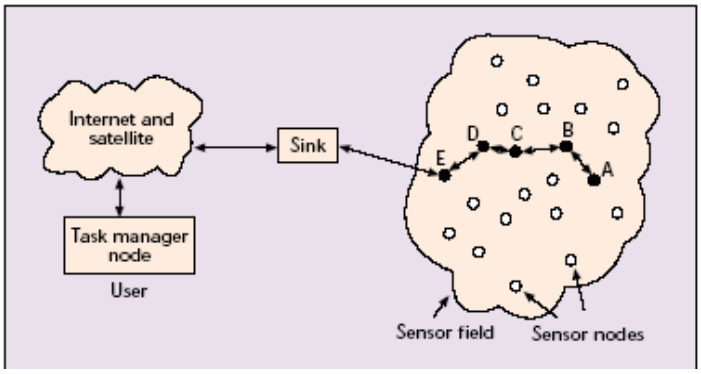
Οι κόμβοι έχουν ως στόχο στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSNs) την συλλογή πληροφοριών από το περιβάλλον. Το είδος των πληροφοριών εξαρτάται από το είδος της εφαρμογής που χρησιμοποιούνται (διαισθάνονται θερμοκρασία, ήχο, δόνηση, πίεση, κίνηση, φως ή ρύπους). Οι πληροφορίες που συλλέγονται συνήθως αποστέλλονται μέσα στο δίκτυο, εναλλακτικά επεξεργάζονται στον κόμβο, και έχουν ως προορισμό κόμβους σταθμούς.

2.2.3 **Αρχιτεκτονική**

Στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων η αρχιτεκτονική του δικτύου βασίζεται κατά πολύ μεγάλο βαθμό στην εφαρμογή που καλείται να εφαρμόσει το δίκτυο. Ανάλογα με την εφαρμογή που χρησιμοποιείται το δίκτυο αισθητήρων εμφανίζεται και διαφορετική δομή για να ανταπεξέλθει καλύτερα στις απαιτήσεις διεκπεραίωσης της. Η πυκνότητα τους εξαρτάται από το είδος της εφαρμογής, ενώ απαραίτητη είναι η συνεργασία των κόμβων που πραγματοποιείται με πολλαπλά άλματα. Όλες όμως οι δομές αποτελούνται από δύο είδη κόμβων [13]:

•**Πηγή Δεδομένων:** η οντότητα του δικτύου που αντιλαμβάνεται, επεξεργάζεται, επικοινωνεί ασύρματα, ενώ ταυτόχρονα αλληλεπιδρά με το φυσικό περιβάλλον συλλέγοντας μετρήσεις για φυσικές παραμέτρους και παράγει έτσι δεδομένα.

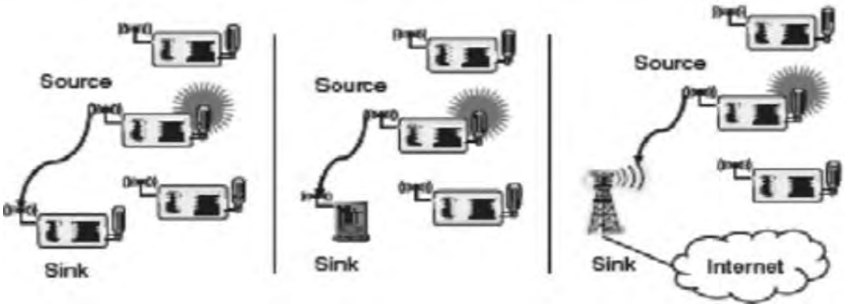
•**Δρομολογητής Δεδομένων:** η οντότητα του δικτύου που διαβιβάζει τα στοιχεία από έναν κοντινό κόμβο σε έναν άλλο, και ως το σταθμό ελέγχου, όπου και γίνεται η επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν από τους διάφορους κόμβους. Ο τελικός προορισμός αναφέρεται συνήθως και ως sink κόμβος, εκεί δηλαδή όπου πρέπει να παραδοθούν τα δεδομένα. Συνήθως υπάρχουν περισσότερες πηγές απ' ότι κόμβοι sinks ενώ πρέπει να τονιστεί ότι οι τελευταίοι δεν ενδιαφέρονται για την ταυτότητα των πηγών-αποστολέων αλλά για τα δεδομένα.



Εικόνα 9 - Αρχιτεκτονική Ασύρματου Δικτύου Αισθητήρων

Όσον αφορά τον sink υπάρχουν τρεις τρόποι εμφάνισης του στο δίκτυο. Μπορεί να ανήκει στο δίκτυο ως ένας ακόμα κόμβος-αισθητήρας ή να είναι μια οντότητα εκτός δικτύου. Για τη δεύτερη περίπτωση, μπορεί να είναι μια πραγματική συσκευή που αλληλεπιδρά με το ασύρματο δίκτυο. [12]

Μπορεί επίσης να αποτελεί μόνο την πύλη σε ένα άλλο μεγαλύτερο δίκτυο όπως το διαδίκτυο, όπου το πραγματικό αίτημα για πληροφορία έρχεται από κάποιο κόμβο που βρίσκεται 'μακριά' και μόνο με έμμεσο τρόπο συνδέεται σε ένα τέτοιο δίκτυο αισθητήρων. Οι παραπάνω τρεις τύποι περιγράφονται και στην εικόνα που ακολουθεί, με κόμβους, πηγές και συλλέκτες, σε άμεση επικοινωνία σε μονοαλματικό δίκτυο (single-hop network).



Εικόνα 10-Τρείς τύποι ενός κόμβου συλλέκτη σε ένα μονοαλματικό δίκτυο αισθητήρων [12]

Συνοπτικά υπάρχουν οι παρακάτω αρχιτεκτονικές δικτύων:

Δυναμική: Σταθεροί ή κινητοί κόμβοι με αναγκαία την υποστήριξη της κινητικότητας του συλλέκτη δεδομένων και των πυλών του δικτύου

Ανάπτυξη κόμβου: Η τοπολογία ανάπτυξης κόμβου εξαρτάται από την εφαρμογή και επηρεάζει την απόδοση του πρωτοκόλλου δρομολόγησης. Αν οι κόμβοι αναπτύσσονται τυχαία, θα πρέπει να υπάρχει μια υποδομή που να τους επιτρέπει να οργανώνονται με ένα αδόμητο τρόπο και να αυτό-οργανώνονται για να σχηματίσουν τα μονοπάτια που θα δρομολογούν τα δεδομένα. Αν οι κόμβοι έχουν τοποθετηθεί χειροκίνητα σε προκαθορισμένες τοποθεσίες, θα μπορούσαν να κατασκευαστούν προσχεδιασμένα μονοπάτια για τον ίδιο σκοπό. Επιπλέον η θέση του συλλέκτη δεδομένων και της πύλης είναι εξίσου σημαντικές για την βελτιστοποίηση των μονοπατιών δρομολόγησης.

Περιορισμός στην ενέργεια: η διαδικασία της δημιουργίας διαδρομών σε ένα δίκτυο επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τις εκτιμήσεις που αφορούν την ενέργεια. Από τη στιγμή που οι ράδιο-μεταδόσεις, σε συνδυασμό με την απόσταση, υποβαθμίζουν την ισχύ μετάδοσης πολύ γρηγορότερα από ότι στον ελεύθερο χώρο. Οι σχεδιασμοί που έχουν να κάνουν τόσο με την απόσταση επικοινωνίας όσο και με την κατανάλωση ενέργειας θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα μελετημένοι. Η διαχείριση θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτική καθώς οι κομβόι παρουσιάζουν βέλτιστες αποδόσεις όταν βρίσκονται κοντά στο συλλέκτη δεδομένων.

Παρόλα αυτά τις περισσότερες φορές είναι απαραίτητη η χρήση πολλαπλών δρομολογήσεων με έμφαση στην μεταπήδηση και όχι η χρήση της κατευθυντήριας δρομολόγησης, γεγονός που αποσκοπεί στην χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας λόγω του ότι οι αισθητήρες βρίσκονται συνήθως τυχαία διασκορπισμένοι στην περιοχή.

Μοντέλα διαβίβασης και μετάδοσης δεδομένων: βασισμένη στις εφαρμογές των δικτύων αισθητήρων η παράδοση των δεδομένων στο συλλέκτη μπορεί να είναι συνεχής, με γνώμονα ένα ερώτημα ή ένα γεγονός, ή υβριδική. Στο συνεχές μοντέλο κάθε κόμβος αισθητήρα στέλνει δεδομένα περιοδικά ενώ στα μοντέλα με ερώτημα ο κόμβος αισθητήρα θα ξεκινήσει τη μετάδοση των δεδομένων μόνο όταν συμβεί γεγονός ή παραχθεί κάποιο ερώτημα από το συλλέκτη δεδομένων.[23]

2.2.4 **Τοπολογίες**

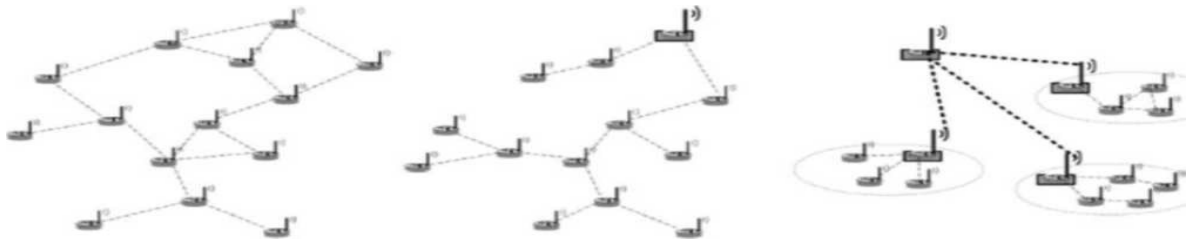
Στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων η τοπολογία του δικτύου βασίζεται κατά πολύ μεγάλο βαθμό στην εφαρμογή που καλείται να εφαρμόσει το δίκτυο. Ανάλογα με το τι έχει ως στόχο η εφαρμογή που υλοποιεί το δίκτυο θα γίνει η τοποθέτηση των κόμβων μέσα στο δίκτυο. Οι βασικότερες τοπολογίες που χρησιμοποιούνται φαίνονται στο σχήμα.

Κατανεμημένη τοπολογία (Distributed): Στην περίπτωση αυτή όλοι οι κόμβοι είναι ομότιμοι και επικοινωνούν με όλους. Δεν υπάρχει κάποιος κόμβος ο οποίος να παίζει το ρόλο του σταθμού βάσης.

Ιεραρχική Τοπολογία (Hierarchical): Στην τοπολογία αυτή όλοι οι κόμβοι επικοινωνούν και προωθούν την πληροφορία προς ένα κεντρικό κόμβο, ο οποίος παίζει το ρόλο του σταθμού βάσης. Ενδεχομένως μία από τις λειτουργίες του είναι και ο καθορισμός της δρομολόγησης της πληροφορίας από τους υπόλοιπους κόμβους, ώστε να γίνεται ισοκατανομή του φόρτου μετάδοσης της πληροφορίας.

Τοπολογία Συστάδας (Clustered): Στην τοπολογία αυτή οι αισθητήρες είναι χωρισμένοι σε ομάδες - συστάδες με σκοπό την καλύτερη δρομολόγηση και κατανομή της πληροφορίας. Σε κάθε συστάδα υπάρχει ένας κόμβος που παίζει το ρόλο του κεντρικού κόμβου για τη συστάδα στην οποία ανήκει. Αυτή η τοπολογία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στις περιπτώσεις όπου υπάρχει πολύ μεγάλος αριθμός

κόμβων και ιδιαίτερα στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας. Όλοι οι κόμβοι μίας συστάδας εκτός από τον κεντρικό μπορούν να είναι μικρής ισχύος, τέτοιας ώστε, να είναι δυνατή η επικοινωνία μέχρι τον κεντρικό κόμβο. Ο μόνος κόμβος υψηλής ισχύος θα είναι ο κεντρικός, ο οποίος ενδεχομένως να έχει και ισχυρότερη υπολογιστική ισχύ.



(a) Distributed (b) Hierarchical (c) Clustered

Εικόνα 11-Τοπολογίες Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων [10]

2.2.5 **Πρωτόκολλα Επικοινωνίας**

Τα κλασικά ασύρματα δίκτυα ad-hoc περιλαμβάνουν πλήθος πρωτοκόλλων και αλγορίθμων που τα συνοδεύουν. Αυτά όμως δεν είναι κατάλληλα για να στηρίξουν τις απαιτήσεις και τα μοναδικά χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων και οι εφαρμογές τους. Έτσι μπορούν να αναφερθούν οι βασικές λειτουργικές διαφορές μεταξύ τους. Σε ένα δίκτυο αισθητήρων η πυκνότητα του στο χώρο είναι συχνά πολύ μεγαλύτερη και μπορεί να μεταβάλει την τοπολογία του πολύ συχνότερα από ένα απλό ασύρματο δίκτυο. Ένα ad-hoc ασύρματο δίκτυο έχει συχνά πολύ μικρότερο αριθμό κόμβων από ένα κλασικό ασύρματο δίκτυο-αισθητήρων. Οι κόμβοι ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων αντιμετωπίζουν συχνά δυσμενείς συνθήκες και έτσι καταστρέφονται ευκολότερα επίσης ξεχωρίζουν για τους ιδιαίτερους περιορισμούς που έχουν από κατασκευής όπως έλλειψη υπολογιστικής ισχύος και μνήμης καθώς και ενέργειας τέλος επικοινωνούν μεταδίδοντας τα δεδομένα τους στον χώρο με σκοπό να ληφθούν από ένα σταθμό βάσης ενώ τα ad-hoc δίκτυα μεταδίδουν σημείο προς σημείο τα δεδομένα τους.

Ad hoc Network	Sensor Network
Δεν έχουν συμπεριφορά μετρητικής διάταξης και η επικοινωνία τους καθορίζεται από τις ανάγκες των εφαρμογών.	Οι κόμβοι κάνουν μετρήσεις στο Περιβάλλον και τα γεγονότα που συμβαίνουν σ' αυτό μπορούν να ενεργοποιήσουν συγκεκριμένη μεταφορά δεδομένων στο δίκτυο.
Οι κόμβοι είναι πολλών και διαφόρων μεγεθών.	Οι κόμβοι είναι συνήθως μικροί σε μέγεθος και όμοιοι.
Είναι ανανεώσιμες και μεγαλύτερες πηγές ενέργειας.	Είναι πηγές ενέργειας περιορισμένης αντοχής.
Είναι σχετικά ακριβοί κόμβοι	Είναι σχετικά φθηνοί κόμβοι
Έχουν δυνατότητα εύρεσης και αποκατάστασης σφαλμάτων και αλλαγής μπαταρίας	Οι κόμβοι μπορεί να τοποθετηθούν και να μείνουν χωρίς επιτήρηση ή συντήρηση για μεγάλο χρονικό διάστημα
Ο χρόνος ζωής των κόμβων δεν εξαρτάται από τη διάρκεια της μπαταρίας αφού αυτή αντικαθίσταται εύκολα	Ο χρόνος ζωής των κόμβων εξαρτάται από τη χρήση.
Παρατηρείται μικρή πυκνότητα κόμβων	Παρατηρείται μεγάλη πυκνότητα κόμβων
Διαθέτουν περιοχή μετάδοσης που φτάνει τα 500μ.	Διαθέτουν περιοχή μετάδοσης που δεν ξεπερνά τα 30μ.
Οι κόμβοι επικοινωνούν με το δίκτυο σχεδόν σε όλη τη διάρκεια της σύνδεσης	Οι κόμβοι μπορεί να μην έχουν καμία δραστηριότητα για μεγάλο χρονικό διάστημα.
Η επικοινωνία πραγματοποιείται μεταξύ συγκεκριμένων κόμβων όταν απαιτηθεί από τους χρήστες	Η επικοινωνία βασίζεται στα δεδομένα
Υπάρχει συνεχόμενη ροή πληροφορίας	Υπάρχει μικρή ροή κυκλοφορίας, κυρίως κατά την εμφάνιση συγκεκριμένων γεγονότων
Έχουν μεγάλο εύρος ζώνης	Έχουν μικρό εύρος ζώνης από 100-250Kbs
Η λειτουργία του δικτύου είναι ίδια για όλες τις εφαρμογές	Η λειτουργία του δικτύου καθορίζεται από την εργασία που πρέπει να πραγματοποιηθεί.

Πίνακας 4- **Διαφορές** Ad Hoc **και** Sensor Networks

Ανάλογα με το πόσο μεγάλη είναι η περιοχή που καλείται να καλύψει το δίκτυο μπορεί να εφαρμοστεί η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στα Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα -Wireless Personal Area Networks (WPAN)-, στα Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα – Wireless Local Area Networks- ή στα Ασύρματα Μητροπολιτικά Δίκτυα – Wireless Metropolitan Area Networks (WMAN)-. Η ακτίνα κάλυψης ενός WPAN αρχίζει από μερικά μέτρα και φτάνει έως τα 20 μέτρα. Η ακτίνα κάλυψης ενός WLAN δεν ξεπερνάει τα 100 μέτρα, ενώ η ακτίνα κάλυψης σε ένα WMAN μπορεί να φτάσει και μερικά χιλιόμετρα. Για κάθε έναν από τους παραπάνω τύπους δικτύου έχουν προταθεί και διάφορες τεχνολογίες ασύρματης επικοινωνίας. Μερικά παραδείγματα δίνονται παρακάτω:

- WPAN: Bluetooth, UWB
- WLAN: IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g
- WMAN: IEEE 802.16e

Στα δίκτυα αισθητήρων χρησιμοποιείται ένα σύνολο από πρότυπα τα οποία βασίζονται στα WPAN, WLAN και WMAN. Τα πιο γνωστά είναι το ZigBee, το Ad-hoc και Sensor Networks Wibree και το 6lowpan, με το πρώτο να κατέχει το μεγαλύτερο μέρος στις εμπορικές εφαρμογές. Το ZigBee είναι ένα σύνολο πρωτόκολλων επικοινωνίας υψηλού επιπέδου το οποίο χρησιμοποιεί μικρούς και χαμηλής ισχύος αναμεταδότες βασισμένους στο πρότυπο 802.15.4 της IEEE για ασύρματα προσωπικά δίκτυα. Λειτουργεί στο βιομηχανικό, επιστημονικό και ιατρικό φάσμα συχνοτήτων (ISM) που για την Ευρώπη είναι τα 868MHz και τα 2.4GHz. Είναι πιο οικονομικό από το Bluetooth, και απαιτεί πολύ λιγότερο λογισμικό από αυτό.

Το πρωτόκολλο IEEE 802.15.4

Ένα από τα σημαντικότερα πράγματα στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων είναι η ασύρματη επικοινωνία. Απαιτείται υψηλή ποσότητα ενέργειας και διαθέτει περιορισμένο εύρος μετάδοσης, πράγμα που αποτελεί σημαντικό παράγοντα στις τοπολογίες δικτύων. Το πρότυπο του Ινστιτούτου Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE) 802.15.4 έχει σχεδιαστεί για πολύ χαμηλής ισχύος ασύρματα προσωπικά δίκτυα. Τόσο τα πρωτόκολλα του φυσικού επιπέδου όσο και το πρωτόκολλα MAC στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων διέπονται από το παραπάνω πρότυπο. Στο 802.15.4 πρότυπο υπάρχει ένα συνολικός αριθμός 27

καναλιών στις ISM ζώνες. Το σύνηθες εύρος της χρήσης του είναι από 30 έως 50 m και κάποιες φορές μπορεί να φτάσει και τα 100. Η μεταφορά δεδομένων είναι χαμηλής ταχύτητας, μπορεί όμως να επιτευχθεί μέσα σε 30 ms. Ως πρότυπο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες τοπολογίες δικτύου ενώ η ενεργειακή απόδοση του κύκλου ζωής του δικτύου είναι της τάξης του 1% γεγονός το οποίο καταλήγει στη χρήση μιας πολύ χαμηλής μέσης ισχύος. Ο αριθμός των συσκευών που μπορεί να υποστηρίξει ένα δίκτυο, που κάνει χρήση αυτού του πρότυπου, φτάνει στις 216 ενώ λόγω υψηλής εξοικονόμησης ενέργειας μπορεί να προσφέρει διάρκεια ζωής στις μπαταριές του πέραν του ενός χρόνου, γεγονός που το καθιστά μια ιδεατή επιλογή για επεκτεινόμενα WSN.

[Smart Wireless Sensor Networks (2010).Edited by Mr. Hoang Duc Chinh and Dr. Yen Kheng Tan (Editor-in-Chief)]

Zigbee

Η ίδρυση του κάθε πρότυπου ZigBee και οι προδιαγραφές του βασίζονται στο ισχυρό IEEE 802.15.4 φυσικής ράδιο-λειτουργίας πρότυπο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς άδεια ζώνης παγκοσμίως στα 2.4GHz (παγκόσμια), 915MHz (Νότια Αμερική) και 868Mhz (Ευρώπη). Παρέχει ποσοστά διακίνησης 250Kbs των ανεπεξέργαστων δεδομένων στα 2.4GHz (16 κανάλια), 40Kbs στα 915MHz (10 κανάλια) και 20Kbs στα 868Mhz (1 κανάλι). Οι αποστάσεις μετάδοσης είναι αξιοσημείωτες για μια χαμηλής ισχύος λύση, που κυμαίνονται από 10 έως 1.600 μέτρα, ανάλογα με την ισχύ και τις περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως σε διαφορετικά κτίρια, εσωτερικούς τύπους τοίχων και τη γεωγραφική τοπολογία.

Το ZigBee είναι η μόνη ασύρματη τεχνολογία που βασίζεται σε πρότυπα και έχει σχεδιαστεί για να αντιμετωπίσει τις μοναδικές ανάγκες του χαμηλού κόστους, της χαμηλής ισχύος ασύρματων αισθητήρων και να ελέγχει δίκτυα οποιασδήποτε αγοράς. Αφού το ZigBee μπορεί να χρησιμοποιηθεί σχεδόν οπουδήποτε, είναι εύκολο να εφαρμοστεί και χρειάζεται λίγη ενέργεια για να λειτουργήσει. Η ευκαιρία για ανάπτυξη σε νέες αγορές, καθώς και στην καινοτομία στις υπάρχουσες αγορές, είναι απεριόριστη. Εδώ είναι μερικά στοιχεία σχετικά με το ZigBee:

Με εκατοντάδες μέλη σε όλο τον κόσμο, το ZigBee χρησιμοποιεί τη ραδιοσυχνότητα 2,4 GHz για να προσφέρει μια ποικιλία από αξιόπιστα και εύκολα στη χρήση πρότυπα σε όλο τον κόσμο. Καταναλωτές, επιχειρήσεις, κυβέρνηση και βιομηχανικοί χρήστες βασίζονται σε μια ποικιλία από έξυπνα και εύκολα στη χρήση πρότυπα ZigBee για να αποκτήσουν μεγαλύτερο έλεγχο των καθημερινών

δραστηριοτήτων. Με την αξιόπιστη ασύρματη απόδοση και τη λειτουργία της μπαταρίας, το ZigBee δίνει την ελευθερία και την ευελιξία για περισσότερα. Το ZigBee προσφέρει μια ποικιλία από καινοτόμα πρότυπα έξυπνα σχεδιασμένα για να βοηθήσει στην οικολογία και την εξοικονόμηση χρημάτων.

Zigbee Εφαρμογές

Το πρότυπο ZigBee μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μυριάδες προϊόντα. Με αυτή την απεριόριστη ευελιξία, είναι απαραίτητο να προσφερθούν δια-λειτουργικά πρότυπα για συγκεκριμένες αγορές. Τα πρότυπα αυτά κάνουν τα προϊόντα να συνεργάζονται για να αντιμετωπίσουν συγκεκριμένη χρήσης της αγοράς. Δεδομένου ότι όλα τα προϊόντα χρησιμοποιούν το ίδιο πρότυπο μπορούν να επικοινωνούν ανεξάρτητα από τον τύπο του προϊόντος ή τον κατασκευαστή του προϊόντος. Οι καταναλωτές έχουν περισσότερες επιλογές στην εύρεση του σωστού προϊόντος.

Η Συμμαχία ZigBee έχει αναπτύξει ένα ευρύ φάσμα καινοτόμων προτύπων για τις αγορές-στόχους της:

- στην εμπορική διαχείριση κτιρίων
- στη παροχή ηλεκτρονικών εργαλείων για τους καταναλωτές
- στην διαχείριση της ενέργειας
- στην υγειονομική περίθαλψη και καλή φυσική κατάσταση
- στην αυτοματοποιημένη διαχείρισης οικίας
- στις τηλεπικοινωνίες

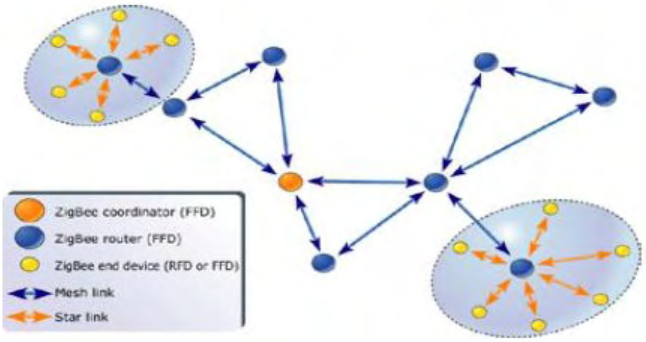
Τα οφέλη από τη χρήση προτύπων ZigBee σε προϊόντα και υπηρεσίες είναι:

- Η τυποποιημένη δια-λειτουργικότητα των συσκευών που επιτρέπει στους κατασκευαστές να επικεντρωθούν στην καινοτομία των προϊόντων τους, έναντι της δημιουργίας του δικού τους ιδιόκτητου πρωτόκολλου δικτύωσης.
- Οι κατασκευαστές των προϊόντων μπορούν να ανανεώνουν τα υπάρχοντα προϊόντα και να προσθέτουν νέα καινοτόμα χαρακτηριστικά.
- Τα καινοτόμα χαρακτηριστικά επιτρέπουν σε νέα προϊόντα να επιλύουν προηγουμένως άλυτα προβλήματα.
- Το ZigBee διαφοροποιεί τα προϊόντα των κατασκευαστών σε σύγκριση με αυτά των ανταγωνιστών τους.

Τοπολογία και λειτουργία του ZigBee

Το δίκτυο Zigbee βασίζεται στην χρήση ψηφιακών πομπών για να επιτευχθεί η επικοινωνία ανάμεσα στις διάφορες συσκευές που το χρησιμοποιούν και βρίσκονται διασκορπισμένες στην περιοχή. Από αυτές τις συσκευές μια χρειάζεται να λειτουργεί ως συντονιστής του δικτύου για να αναγνωρίζει και να διαχειρίζεται τους κόμβους αισθητήρες και τις πληροφορίες που ανταλλάσουν συνολικά στο δίκτυο.

Εκτός από το συντονιστή και άλλες συσκευές διαθέτουν ειδικούς ρόλους. Μια από αυτές είναι ο δρομολογητής, άλλες, απλά αλληλεπιδρούν με το περιβάλλου και συλλέγουν δεδομένα.



Εικόνα 12-**Τοπολογία και συσκευές** Zigbee

Ένας συντονιστής έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Επιλέγει ένα κανάλι και PAN ID για να ξεκινήσει το δίκτυο
- Μπορεί να επιτρέψει στους δρομολογητές και τις τερματικές συσκευές να ενταχθούν στο δίκτυο
- Μπορεί να βοηθήσει στη δρομολόγηση δεδομένων
- Δεν μπορεί να "κοιμηθεί" - θα πρέπει να τροφοδοτείται με ρεύμα συνεχώς.

Ένας δρομολογητής έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Πρέπει να ενταχθεί σε ένα ZigBee PAN προτού να μεταδώσει, να κάνει λήψη, ή να δρομολογήσει δεδομένα της διαδρομής
- Μετά την ένταξή του, μπορεί να επιτρέψει σε δρομολογητές και στις τερματικές συσκευές να ενταχθούν στο δίκτυο
- Μετά την ένταξη, μπορεί να βοηθήσει στην δρομολόγηση δεδομένων
- Δεν μπορεί να "κοιμηθεί" - θα πρέπει να είναι τροφοδοτείται με ρεύμα συνεχώς.

Μια τερματική συσκευή έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Πρέπει να ενταχθεί σε ένα ZigBee PAN πριν να μεταδώσει ή να λάβει δεδομένα
- Δεν μπορεί να επιτρέψει σε συσκευές να ενταχθούν στο δίκτυο
- Πρέπει πάντα να μεταδίδει και να λαμβάνει δεδομένα ράδιο-μετάδοσης μέσω της μητρικής της συσκευής, αλλά δεν μπορεί να δρομολογήσει δεδομένα.
- Μπορεί να εισέλθει σε χαμηλή κατανάλωση ενέργειας για την εξοικονόμηση της και μπορεί να τροφοδοτείται με μπαταρίες.

Τα δίκτυα ZigBee ονομάζονται προσωπικά δίκτυα ή PANs(Personal Area Networks). Κάθε δίκτυο έχει οριστεί με ένα μοναδικό αναγνωριστικό PAN (PAN ID). Αυτό το αναγνωριστικό είναι κοινό μεταξύ όλων των συσκευών του ίδιου δικτύου. Οι συσκευές ZigBee έχουν είτε προ-εγκατεστημένο ένα αναγνωριστικό PAN, ή μπορούν να ανακαλύψουν κοντινά δίκτυα και να επιλέξουν ένα αναγνωριστικό PAN για να ενταχθούν. Εάν υπάρχουν πολλαπλά δίκτυα ZigBee που λειτουργούν εντός της εμβέλειας άλλων δικτύων, θα πρέπει το καθένα να έχει μοναδικό αναγνωριστικό PAN.

Στο δίκτυο ZigBee, ο συντονιστής πρέπει να επιλέξει ένα αναγνωριστικό PAN και το κανάλι για να ξεκινήσει ένα δίκτυο. Μετά από αυτό, συμπεριφέρεται ουσιαστικά σαν ένας δρομολογητής. Ο συντονιστής και οι δρομολογητές μπορούν

να επιτρέψουν σε άλλες συσκευές να συνδέονται στο δίκτυο και μπορούν να δρομολογούν τα δεδομένα.

Μετά από την ένταξη μιας τερματικής συσκευής σε ένα δρομολογητή ή συντονιστή, θα πρέπει να είναι σε θέση να μεταδώσει ή να λάβει δεδομένα μέσω του συγκεκριμένου δρομολογητή ή συντονιστή. Ο δρομολογητής ή ο συντονιστής που επέτρεψε μια τερματική συσκευή να ενταχθεί γίνεται η «μητρική» της τερματικής συσκευής.

Δεδομένου ότι η τερματική συσκευή μπορεί να κοιμηθεί, ο γονέας θα πρέπει να είναι σε θέση να ρυθμίσει ή να διατηρήσει τα εισερχόμενα πακέτα δεδομένων που προορίζονται για τη συσκευή μέχρι που αυτή να είναι σε θέση να ξυπνήσει και να λάβει τα δεδομένα.

2.2.6 **Σύγκριση ασύρματων τεχνολογιών**

Το ZigBee παρουσιάζεται με πάρα πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις υπόλοιπες ασύρματες τεχνολογίες. Όμως το κύριο πλεονέκτημα του είναι η ικανότητα του να ρυθμιστεί σε ένα δίκτυο πλέγματος με τους ασύρματους κόμβους του ώστε να είναι ικανοί να ζήσουν μόνο με μπαταρία για μερικά χρόνια. Επιπρόσθετα το πρωτόκολλο ZigBee έχει σχεδιαστεί για να είναι το βέλτιστο για τον έλεγχο και την εφαρμογή αισθητήρων στο χώρο.

Είναι λιγότερο πολύπλοκο από το Bluetooth έχει ανώτερη διαχείριση στην ενέργεια, υποστηρίζει πολύ περισσότερους κόμβους, έχει λιγότερη καθυστέρηση, επιτρέπει στις συσκευές να ενώνονται πιο γρήγορα με το δίκτυο και οι συσκευές ξυπνούν σε χιλιοστά του δευτερόλεπτου.

	ZigBee	802.11(Wi-Fi)	Bluetooth
Data Rate	20,40 , 250Kbps	11&54Mbps	1Mbps
Εμβέλεια	10-100 μέτρα	50-100 μέτρα	10 μέτρα
Τοπολογία δικτύου	Ad-hoc, peer to peer αστέρα (star) ή πλέγματος(mesh)	Point to hub	Ad-hoc, πολύ μικρά δίκτυα
Συχνότητα λειτουργίας	868 MHz (Ευρώπη) 900-928 MHz (Β.Α) 2.4 GHz(παγκόσμια)	2,4 και 5 GHz	2.4 GHZ
Πολυπλοκότητα	Χαμηλή	Υψηλή	Υψηλή
Κατανάλωση Ισχύος	Πολύ χαμηλή	Υψηλή	Μέση
Ασφάλεια	128 AES και application layer security		64, 128 bit encryption
Άλλες Πληροφορίες	Οι συσκευές μπορούν να ενταχθούν στο δίκτυο σε λιγότερο από 30 ms	Οι συσκευές συνδέονται σε 3-5 sec	Η σύνδεση με μια συσκευή απαιτεί έως 10sec
Τυπικές Εφαρμογές	Βιομηχανικός έλεγχος δίκτυα αισθητήρων αυτοματισμοί κτιρίων οικιακοί αυτοματισμοί παιχνίδια	Wireless LAN, ευζωνική σύνδεση στον Internet	Ασύρματα δίκτυα μεταξύ συσκευών όπως τηλέφωνα,PDA,laptops, ακουστικά

Πίνακας 5- **Σύγκριση τεχνολογιών** Zigbee-Bluetooth-Wi-Fi

2.3 **Το έξυπνο σπίτι**

Ιστορία

Σε απάντηση των αυξανόμενων αναγκών του οικιακού αυτοματισμού, οι βιομηχανίες άρχισαν να αναπτύσσουν συστήματα στις αρχές της δεκαετίας του '70, και μέχρι σήμερα, τα οικιακά συστήματα αυτοματισμού είναι ευρέως διαθέσιμα. Διάφορα πρωτόκολλα συνθέτουν την κατάσταση διαθέσιμων λύσεων για τον οικιακό αυτοματισμό και παρέχουν έλεγχο HVAC(Heating Ventilation and Air Conditioning), φωτισμού και ενέργειας για τις αυτόματες κατοικίες.

Τα τελευταία χρόνια, νέα οράματα, όπως η πανταχού παρούσα και διάχυτη υπολογιστική δύναμη έχουν αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό, με σκοπό να φέρουν τους ανθρώπους και τα μηχανήματα πιο κοντά. Έτσι η ευφυής τεχνολογία έχει κατακτήσει μια θέση στην καθημερινή ζωή, μέσω των κινητών τερματικών, των ψηφιακών τηλεοράσεων, των ενσωματωμένων υπολογιστών και άλλων ψηφιακών υπηρεσιών.

Λόγω της συνεχούς ανάπτυξης προβληματισμών, οι οικίες έχουν γίνει μια ελκυστική προσέγγιση για τις βιομηχανίες. Αυτό έχει οδηγήσει σε πολλές καινοτόμες πρωτοβουλίες για έργα εξοικονόμησης ενέργειας και ανάπτυξης με βάση την άνεση και διαχείριση των αναγκών της εξάρτησης των ηλικιωμένων. Ο συνδυασμός αυτών των οραμάτων έχει φέρει ένα νέο πρότυπο, που ονομάζεται "Έξυπνα σπίτια".

Για να επιτευχθεί η δημιουργία ενός έξυπνου σπιτιού θα χρειαστεί μια συνολική αρχιτεκτονική, συμπεριλαμβανομένου ενός οικιακού αυτόματου συστήματος και εξωτερικών υπηρεσιών, όπως υπηρεσίες ιστού (μετεωρολογικούς σταθμούς, οπτικοακουστικά κανάλια κτλ) και έξυπνα τηλέφωνα.

Η SIRLAN Technologies, μια εταιρεία που δημιουργήθηκε μετά το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα SIRLAN, έχει δημιουργήσει το 2003 ένα Οικιακό Ευφυές Τερματικό, σχεδιασμένο κυρίως για την ενοποίηση αυτών των αρχιτεκτονικών. Ως μέρος της πρόσφατης έρευνας και με την πρόσφατη έναρξη μιας αγοράς κατοικήσιμου «αυτόματου σπιτιού" που ονομάζεται "Comfortice", η εταιρεία επέκτεινε τον αρχικό σχεδιασμό της, ώστε να ενσωματώσει κάποιες έννοιες των "έξυπνων σπιτιών".

2.3.1 **Τι προσφέρει το έξυπνο σπίτι**

Μια κατοικία που περιλαμβάνει ένα δίκτυο επικοινωνίας, που συνδέει τις βασικές ηλεκτρικές συσκευές και υπηρεσίες, καθώς και τους επιτρέπει να είναι ελεγχόμενες εξ αποστάσεως, να παρακολουθούνται ή να υπάρχει πρόσβαση σε αυτές.

Τρία πράγματα χρειάζεται ένα σπίτι για να κάνει το έξυπνο:

1. Εσωτερικό δίκτυο - Σύρματα, καλώδια, ασύρματη εγκατάσταση-
2. Ευφυή έλεγχο - πύλη για τη διαχείριση των συστημάτων-
3. Αυτοματισμό Σπιτιού - προϊόντα εντός των σπιτιών και συνδέσεις με υπηρεσίες και συστήματα έξω από το σπίτι-

Μέθοδοι εγκατάστασης:

1. Εκ των υστέρων σε μια υπάρχουσα ιδιοκτησία
2 Νέα κατασκευή σπιτιού με τα βασικά συστήματα, όπως τα πρότυπα και τα πρόσθετα συστήματα κατ' αίτηση των ιδιοκτητών
3. Μετατροπή ιδιοκτησίας : σιταποθήκες, αποθήκες κλπ, προσαρμοσμένες στις ανάγκες του κάθε αγοραστή

Συσκευές και υπηρεσίες

1.Περιβαλλοντικές (θέρμανση, νερό, φωτισμός, διαχείριση της ενέργειας, μετρήσεις)

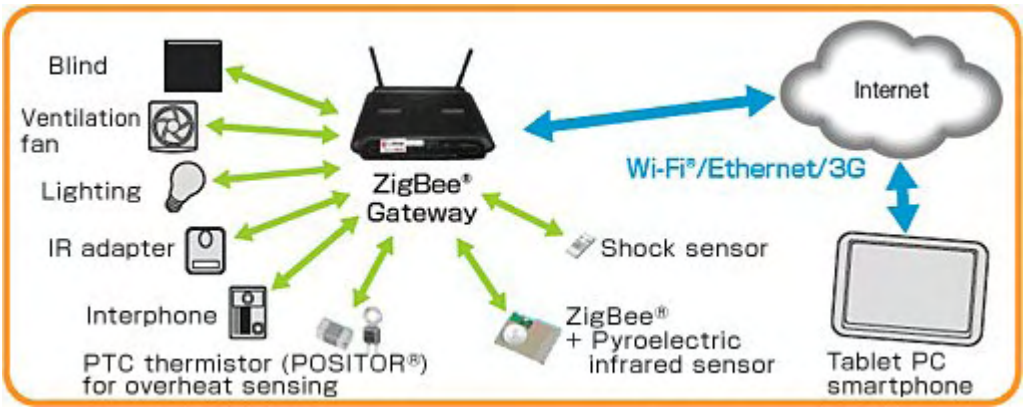
2.Ασφάλεια (συναγερμοί, ανιχνευτές κίνησης, περιβαλλοντικοί ανιχνευτές)

3.Οικιακή ψυχαγωγία (οπτικοακουστικά συστήματα, διαδίκτυο)

4.Οικιακές συσκευές (μαγείρεμα, καθάρισμα, ειδοποιήσεις συντήρησης)

5.Πληροφόρηση και επικοινωνία (τηλέφωνο, internet)

6.Υγεία (Τήλε- φροντίδα, βοήθεια στο σπίτι)



Εικόνα 13-**Συσκευές που τοποθετούνται σε σπίτι(5)**

2.3.2 **Μελέτες για το έξυπνο σπίτι**

Ο όρος «Έξυπνο σπίτι» χρησιμοποιείται για κατοικία εξοπλισμένη με τεχνολογία που επιτρέπει την παρακολούθηση των κατοίκων της και ενθαρρύνει την ανεξαρτησία και η διατήρηση της καλής υγείας των ατόμων που κατοικούν σε εκείνη. Καθώς διαφορετικοί άνθρωποι έχουν διαφορετικές ανάγκες, η παροχή βοήθειας πρέπει να είναι προσαρμοσμένη σε κάθε άτομο. Μεγάλο μέρος της έρευνας έχει επικεντρωθεί σε όλο τον κόσμο στον τομέα αυτό.

Στις ΗΠΑ, το Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Georgia έχει αναπτύξει έναν «Έλεγχο Σπιτιού», με βάση την πανταχού παρουσία υπολογιστή που «αισθάνεται» και αναγνωρίζει ενδεχόμενες κρίσεις, για να βοηθήσει τους ηλικιωμένους με μειωμένη μνήμη να βρει και να καταγράψει στοιχεία της καθημερινότητάς τους.

Το Πανεπιστήμιο της Φλόριντα έχει αναπτύξει ένα Έξυπνο Σπίτι με Τεχνολογία Αλιγάτορα (Gator Tech) για τους ηλικιωμένους και τα άτομα με ειδικές ανάγκες. Βασίζεται σε περιβαλλοντικούς αισθητήρες για την άνεση και την ενεργειακή απόδοση, την ασφάλεια και την προστασία, τη δραστηριότητα - κινητικότητα παρακολούθησης, στην τεχνολογία υπενθύμισης-παρότρυνσης, σε συστήματα ανίχνευσης πτώσεων, σε έξυπνες συσκευές και εφαρμογές (Έξυπνο τηλέφωνο, έξυπνο γραμματοκιβώτιο, κ.λπ.), σε κοινωνικά εξ αποστάσεως δείπνα με την οικογένεια και τα μέλη της και σε βιομετρικές τεχνολογίες για την παρακολούθηση των φυσιολογικών τιμών του ατόμου (Βάρος, θερμοκρασία).

Το PlaceLab είναι ένα μέρος του Σπιτιού η ενός έργου του MIT ή αλλιώς «το σπίτι του μέλλοντος». Παρακολουθεί την δραστηριότητα και τα ζωτικής σημασίας σημάδια των κατοίκων, ελέγχει τις δαπάνες ενέργειας, και παρέχει

ψυχαγωγία, μάθηση και επικοινωνία με την πανταχού παρουσία αισθητήρων και συστημάτων που φοριούνται σαν μέρος της ενδυμασίας του ατόμου.

Πολλά συστήματα έχουν αναπτυχθεί στην Ευρώπη. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, μια υποβοηθούμενη διαδραστική οικία έχει αναπτυχθεί για τους ηλικιωμένους και τα άτομα με αναπηρία. Ένα σύστημα αισθητήρων αξιολογεί τα ζωτικά σημεία και την δραστηριότητα, και παρέχει παρακολούθηση ασφάλειας και άμεσης αντίδρασης. Περιλαμβάνει περιβαλλοντικές τεχνολογίες ελέγχου (πόρτες, παράθυρα και κουρτίνες).

Το Πανεπιστήμιο της Ostrava στην Τσεχική Δημοκρατία έχει αναπτύξει ένα έξυπνο διαμέρισμα για τη μελέτη μεμονωμένων δραστηριοτήτων με υπέρυθρους (IR) αισθητήρες.

Στη Γαλλία, το έργο PROSAFE στην Τουλούζη έχει ως στόχο την υποστήριξη της αυτόνομης διαβίωσης και την ενεργοποίηση συναγερμών σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Υπέρυθροι αισθητήρες που είναι ενσωματωμένοι στην οροφή του διαμερίσματος επιτρέπουν την εκτίμηση της κινητικότητας και της δραστηριότητας.

Στην Γκρενόμπλ, το πρόγραμμά του HIS είναι ένα διαμέρισμα με υπέρυθρους(IR) αισθητήρες για την αξιολόγηση της δραστηριότητας. Αισθητήρες βάρους και ένδειξης ζωτικών σημείων συνδέονται μέσω ενός δικτύου CAN για την επεξεργασία των δεδομένων, και ένας συναγερμός μεταδίδεται σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης.[24]

2.3.3 **Το έξυπνο σπίτι για ηλικιωμένους και άτομα με ειδικές ανάγκες**

Ο οικιακός αυτοματισμός γίνεται πραγματικότητα σε πολλά νοικοκυριά σήμερα. Με περισσότερα προϊόντα στην αγορά και τις διάφορες εταιρείες που ανταγωνίζονται για τις επιχειρήσεις, τα προϊόντα γίνονται όλο και πιο προσιτά και προσβάσιμα από ό, τι ποτέ. Πολλοί αναγνωρίζουν τις δυνατότητες για τα σπίτια και για το πώς μπορούν να επωφεληθούν προσωπικά, αλλά υπάρχουν και οι άνθρωποι που λόγω προχωρημένης ηλικίας δυσκολεύονται να προσαρμοστούν.

Εικόνα 14-Τύποι αισθητήρων που είναι απαραίτητοι σε ένα σπίτι βοηθό.

Ίσως μία από τις καλύτερες χρήσεις για την τεχνολογία αυτοματισμού στο σπίτι είναι η διατήρηση της ασφάλεια και της άνεσης των ηλικιωμένων γονιών και παππούδων, ειδικά αν οι συγγενείς τους δεν ζουν κοντά σε αυτούς. Οι τρόποι που μπορεί να ωφελήσει ο οικιακός αυτοματισμός τους ηλικιωμένους και τα άτομα με ειδικές ανάγκες είναι:

Αυτόματες πόρτες και κλειδαριές: Είναι συχνά δύσκολο για τους ηλικιωμένους και τα άτομα με αναπηρίες που επηρεάζουν την κινητικότητα τους, για να φτάσουν στις πόρτες τους στον κατάλληλο χρόνο για να χαιρετήσουν έναν επισκέπτη.

Σε πολλές περιπτώσεις, η μετακίνηση είναι δύσκολη και δεν αξίζει τον κόπο (ή ίσως δεν είναι καν δυνατόν). Πολλές αυτοματοποιημένες πόρτες μπορούν να διαβάσουν τα δακτυλικά αποτυπώματα, από τους ανθρώπους που τους επισκέπτονται συχνά και μπορεί να έχουν τα δακτυλικά τους αποτυπώματα αποθηκευμένα. Όταν φτάνουν στο σπίτι, μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτή τη μνήμη δακτυλικών αποτυπωμάτων για να εισέλθουν σε αυτό, αντί να αναγκάζεται ο ηλικιωμένος ιδιοκτήτης του να φτάσει ως την πόρτα.

Επιπλέον, αυτοματοποιημένες κλειδαριές είναι πολύ χρήσιμες, επειδή επιτρέπουν τον έλεγχο της πόρτας για να βεβαιωθούν οι ένοικοι ότι είναι κλειδωμένη το βράδυ ή κατά τη διάρκεια του κανονικού ωραρίου, όταν το ηλικιωμένο άτομο είναι μακριά από το σπίτι. Αυτό γίνεται μέσω των συσκευών, όπως ένα smartphone ή tablet.

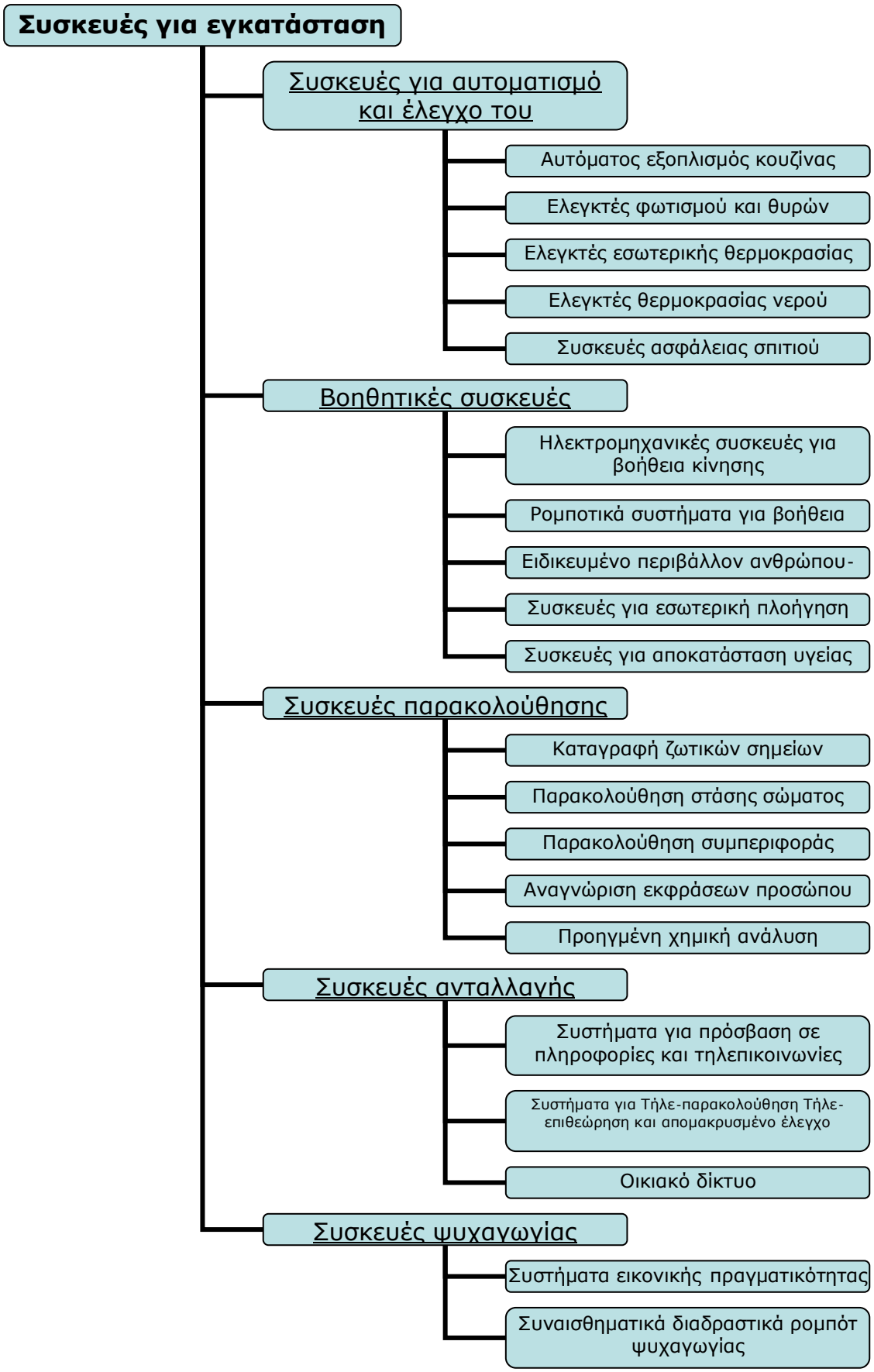
Αυτόματη διακοπή λειτουργίας για συσκευές: Δυστυχώς, όταν ο άνθρωπος φθάσει σε μια ηλικία, οι αναμνήσεις του μερικές φορές ξεθωριάζουν. Ως εκ

τούτου, όσοι έχουν κάποια ηλικία μερικές φορές έχουν μια δύσκολη στιγμή στο να θυμούνται για να απενεργοποιήσουν τις συσκευές στα σπίτια τους. Φυσικά, αυτό μπορεί να προκαλέσει μια απειλή για την ασφάλεια τους, τα σπίτια τους, και τους γείτονες. Μέσω του οικιακού αυτοματισμού, συσκευές μπορεί να ρυθμιστούν ώστε να απενεργοποιούνται αυτόματα μετά από ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Μια άλλη επιλογή είναι: ένα νεώτερο άτομο για να ελέγχει το σπίτι κάθε μέρα μέσα από μια έξυπνη συσκευή. Οι περισσότερες συσκευές μπορούν να συνδεθούν με το σύστημα αυτοματισμού σπιτιού, όπως βρύσες, σιδερώστρες, τοστιέρες, φούρνοι, και άλλα τέτοια στοιχεία.

Θήκες φαρμακευτικής αγωγής: Ο οικιακός αυτοματισμός φτάνει ακόμα σε σημείο να ελέγχει την φαρμακευτική αγωγή. Μέσω συσκευών διανομής φαρμάκων το ηλικιωμένο άτομο είναι ασφαλές. Ουσιαστικά, αυτές οι συσκευές μπορούν να χορηγήσουν το φάρμακο την κατάλληλη στιγμή, εξασφαλίζοντας ότι η δοσολογία είναι σωστή. Αυτό προστατεύει το άτομο, που δεν μπορεί να έχει άλλο πρόσωπο κοντά για να του θυμίζει να πάρει φάρμακα ή τη δόση υποτίθεται ότι είναι σωστό να πάρει.

Σύστημα υπενθύμισης: Λειτουργούν μιλώντας και υπενθυμίζοντας στο ηλικιωμένο άτομο σημαντικά πράγματα (όπως φαρμακευτική αγωγή). Ένα συγγενικό πρόσωπο, ή το ίδιο το άτομο, μπορεί να ορίσει το σύστημα να του θυμίζει τις σημαντικές εργασίες που πρέπει να ολοκληρωθούν ή τις συναντήσεις που πρέπει να πραγματοποιήσει. Το σύστημα αυτό δίνει λίγο περισσότερη ελευθερία και ανεξαρτησία, ενώ εξακολουθεί να έχει την διαβεβαίωση ότι τα πάντα μπορούν να ολοκληρωθούν σωστά. Αυτό μπορεί να είναι μια μεγάλη άνεση τόσο για τα ηλικιωμένα άτομα όσο και για ανθρώπους που ζουν μακριά τους ή δεν μπορούν να τους επισκέπτονται καθημερινά.

Οικιακά ρομπότ: Τα ηλικιωμένα άτομα μπορούν επίσης να περνούν μια δύσκολη περίοδο προσπαθώντας να κρατήσουν το σπίτι και την αυλή τους καθαρά. Ο οικιακός αυτοματισμός προσφέρει ρομπότ για αυτούς τους τύπους των οικιακών εργασιών, που κυμαίνονται από το σκούπισμα και σφουγγάρισμα έως καθαριστές εξωτερικού χώρου. Άλλα ρομπότ μπορεί να κουρεύουν το γκαζόν, να πλένουν τα παράθυρα, ή ακόμη και να μαγειρεύουν.



2.4 **Εισαγωγή στο λογισμικό** Opnet

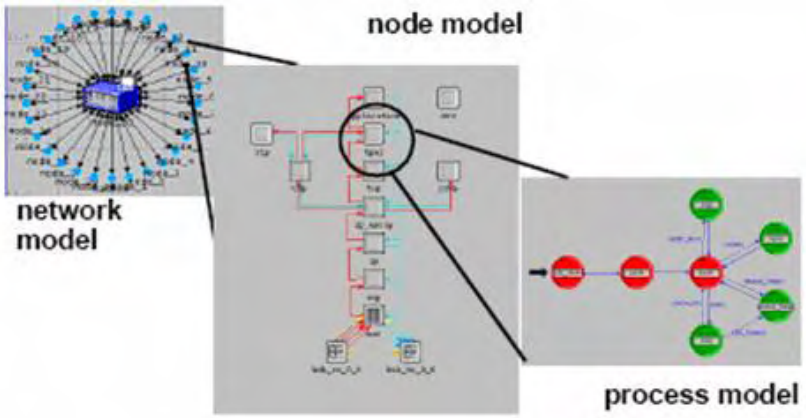
2.4.1 **Το OPNET Modeler**

Το OPNET Modeller, αποτελεί ένα εξειδικευμένο εργαλείο στο χώρο των επικοινωνιών, που προσφέρει τη δυνατότητα με τη βοήθεια ενός γραφικού περιβάλλοντος να μοντελοποιηθούν και να προσομοιωθούν διάφορα είδη δικτύων. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται το OPNET Modeller 14.5.

Για την κατασκευή της δομής ενός δικτύου, ακολουθείται αυστηρά η παρακάτω ιεραρχία τριών επιπέδων:

- Μοντέλο Δικτύου (Project Editor)
- Μοντέλο Κόμβων (Node Editor)
- Μοντέλο Επεξεργασίας (Process Editor)

Τα αντικείμενα που ανήκουν στο μοντέλο δικτύου περιγράφονται από αντικείμενα που ανήκουν στο μοντέλο κόμβων, ενώ αυτά που ανήκουν στο μοντέλο κόμβων περιγράφονται από αντικείμενα που ανήκουν στο μοντέλο επεξεργασίας. Το OPNET παρέχει δυνατότητες για δημιουργία πληρέστατων και μεγάλων δικτύων σχεδιασμένων μέχρι τη παραμικρή λεπτομέρεια, τα οποία μπορούν να τα «στηθούν» σχετικά εύκολα, να δοκιμαστούν με χρήση πολλών σύγχρονων τεχνολογιών και να βελτιστοποιηθούν γενικότερα.



Εικόνα 15-**Τα τρία επίπεδα του OPNET**

2.4.2 **Η χρήση του OPNET**

Οι προσομοιωτές δικτύων μπορεί να χωριστούν σε διάφορες κατηγορίες (με το πρωτόκολλο, την τεχνολογία ή την μέθοδο επεξεργασία), αλλά η πιο γενική κατηγοριοποίηση είναι η μέθοδος της προσομοίωσης. Υπάρχουν δύο τυπικές μέθοδοι προσομοίωσης: προσομοίωση διακεκριμένου γεγονότος ή αναλυτική προσομοίωση.

Η πρώτη παράγει προβλέψεις στο δίκτυο σε ένα χαμηλό επίπεδο (πακέτο - από- πακέτο), το οποίο την καθιστά ακριβή, αλλά αργή για να παράγει αποτελέσματα.

Η δεύτερη, χρησιμοποιεί μαθηματικά μοντέλα για να παράγει τα αποτελέσματά των προσομοιώσεων σε μια πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα, αλλά μπορεί να θυσιάσει την ακρίβεια.

Η συνήθης προσέγγιση είναι να συνδυάσει και τις δύο μεθοδολογίες, με στόχο να υπάρξει μια εύλογη απόδοση ως προς την ταχύτητα, αλλά διατηρώντας την ακρίβεια σε κρίσιμους τομείς. Ο προσομοιωτής που χρησιμοποιείται σε αυτό το πείραμα είναι υβριδικός.

Το Modeler είναι μόνο ένα από τα πολλά εργαλεία από την σουίτα OPNET Technologies. Η έκδοση που χρησιμοποιείται για τα πειράματα σε αυτήν την εργασία είναι η 14.5. Ο κινητήρας του OPNET Modeler είναι μια μηχανή πεπερασμένων καταστάσεων, σε συνδυασμό με ένα αναλυτικό μοντέλο. Το Modeler μπορεί να μοντελοποιήσει τα πρωτόκολλα, τις συσκευές και τις συμπεριφορές με περίπου τετρακόσιες ειδικού - σκοπού λειτουργίες μοντελοποίησης. Το περιβάλλον προσομοίωσης χρήστη GUI (Graphical User Interface) σε συνδυασμό με τη σημαντική ποσότητα εγγράφων και μελετημένων περιπτώσεων που έρχονται μαζί με την άδεια είναι μια ελκυστική μελλοντική υπογραφή του Modeler. Ένας αριθμός συντακτών(editors) παρέχονται για την απλούστευση των διαφόρων επιπέδων της μοντελοποίησης που ο φορέας δικτύου τα απαιτεί. Το Modeler δεν είναι λογισμικό ανοιχτού κώδικα αν και παράμετροι του μοντέλου μπορούν να αλλοιωθούν, και αυτό μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στην ακρίβεια της προσομοίωσης.

Το Modeler χρησιμοποιεί μια προσέγγιση Έργου και Σεναρίου για να μοντελοποιήσει δίκτυα.

• Ένα έργο είναι μια συλλογή των σχετικών σεναρίων δικτύου στο οποίο κάθε ένα εξερευνά μια διαφορετική πτυχή του σχεδιασμού του δικτύου. Όλα τα έργα περιέχουν τουλάχιστον ένα σενάριο.

• Ένα σενάριο είναι ένα μόνο παράδειγμα ενός δικτύου. Τυπικά, ένα σενάριο παρουσιάζει μια μοναδική διαμόρφωση για το δίκτυο, όπου διαμόρφωση μπορεί να αναφέρεται σε πτυχές όπως η τοπολογία, τα πρωτόκολλα, οι εφαρμογές, η έναρξη κυκλοφορίας, καθώς και ρυθμίσεις προσομοίωσης.

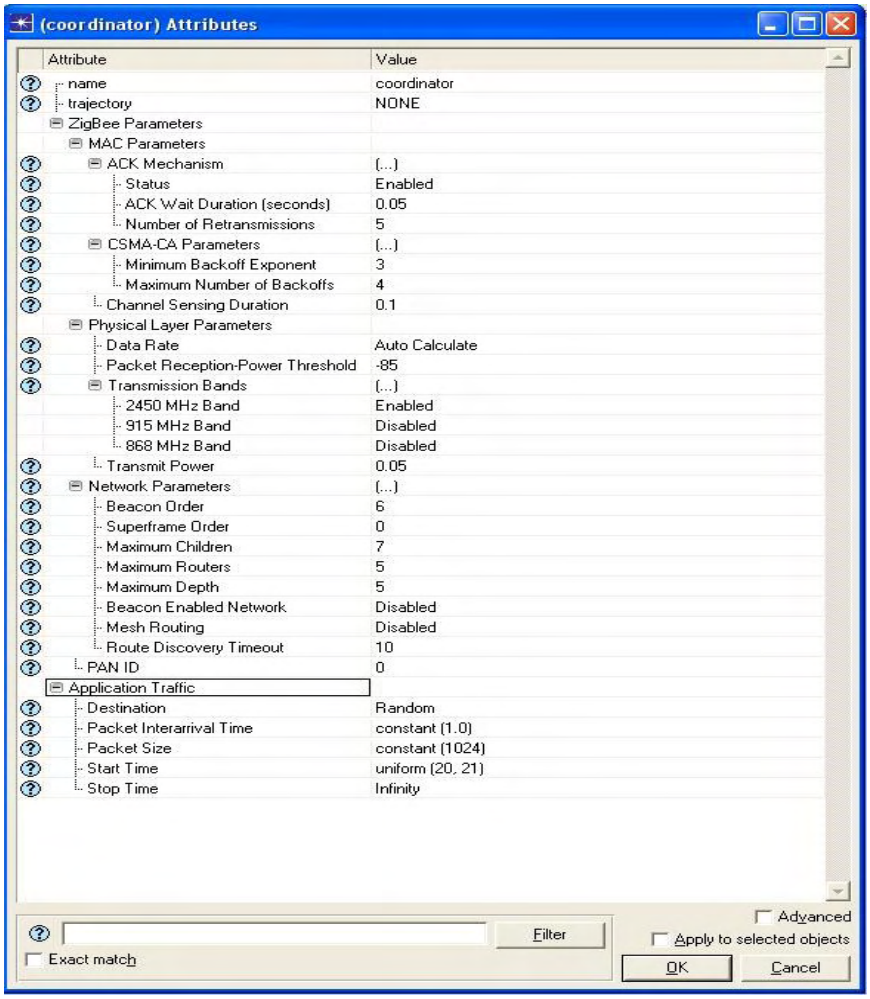
Κεφάλαιο 3ο – Σχεδιασμός Ασύρματου δικτύου

3.1 Εργαλεία στο Opnet Modeler και παραμετροποίηση

Σκοπός της εργασίας είναι να δημιουργηθεί ένα δίκτυο αισθητήρων με στόχο την ένταξη του σε ένα σπίτι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από άτομα με ειδικές ανάγκες, ηλικιωμένους και άτομα που χρειάζονται βοήθεια και παρακολούθηση. Με βάση τις αναφορές σε προηγούμενα κεφάλαια οι ανάγκες ενός τέτοιου σπιτιού είναι συγκεκριμένες και σκοπός είναι να προσεγγιστούν όσο μπορούν αυτά τα δεδομένα για να δοθεί στον σπίτι ο τίτλος «έξυπνο». Ένα σπίτι δηλαδή που θα βοηθάει, θα παρακολουθεί, θα ελέγχει και θα προστατεύει άτομα με συγκεκριμένα προβλήματα. Στην προσομοίωση χρησιμοποιήθηκε ένα τυπικό σπίτι διαστάσεων 10χ10 με σκοπό να «χτιστεί» το δίκτυο όσο πιο κοντά γίνεται στην ανάγκες του σπιτιού.

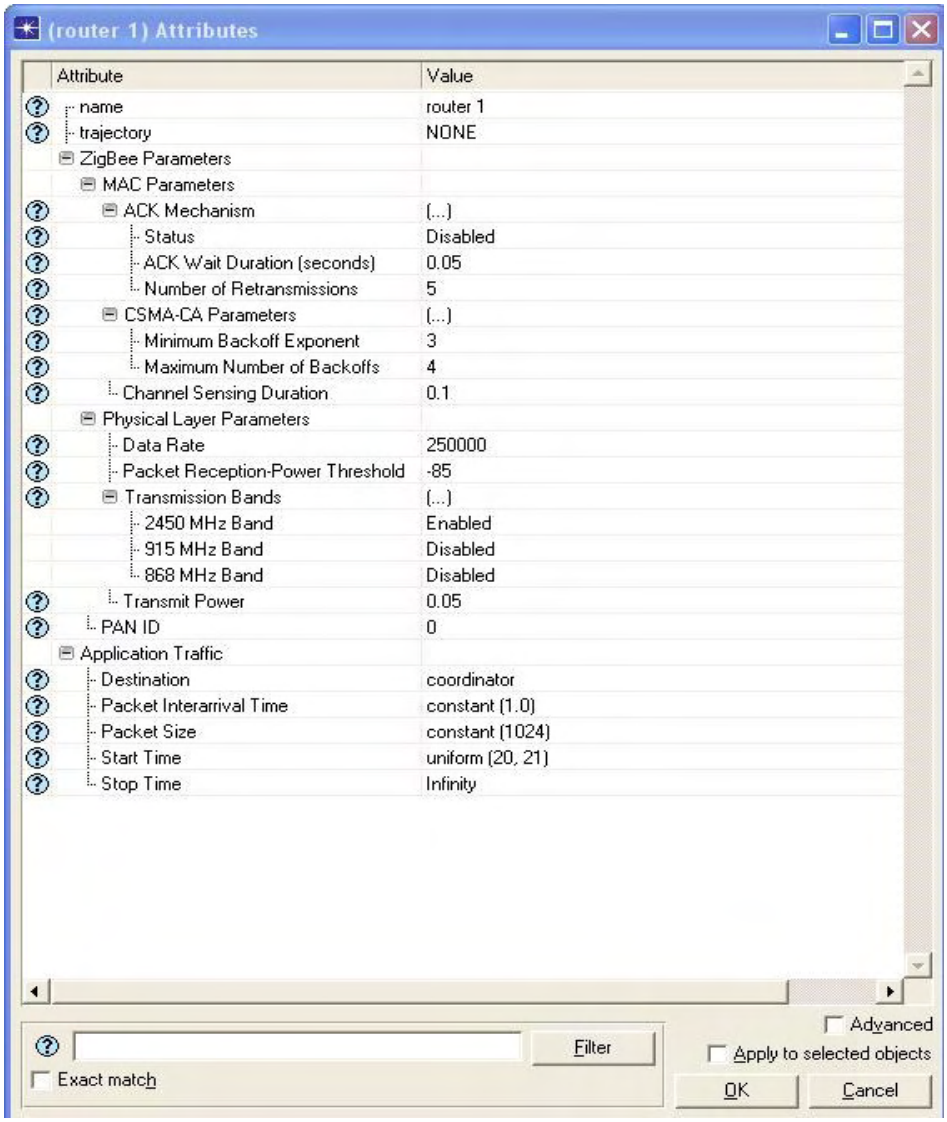
Εικόνα 16-Το σπίτι της προσομοίωσης

Συντονιστής : Είναι υπεύθυνος για την διαμόρφωση του δικτύου, των διαμοιρασμό των διευθύνσεων και τον συντονισμό των άλλων λειτουργιών του δικτύου ώστε αυτό να διατηρείται υγειές και ασφαλές. Στην παρακάτω εικόνα συνοψίζονται τα χαρακτηριστικά του συντονιστή για αυτήν την προσομοίωση



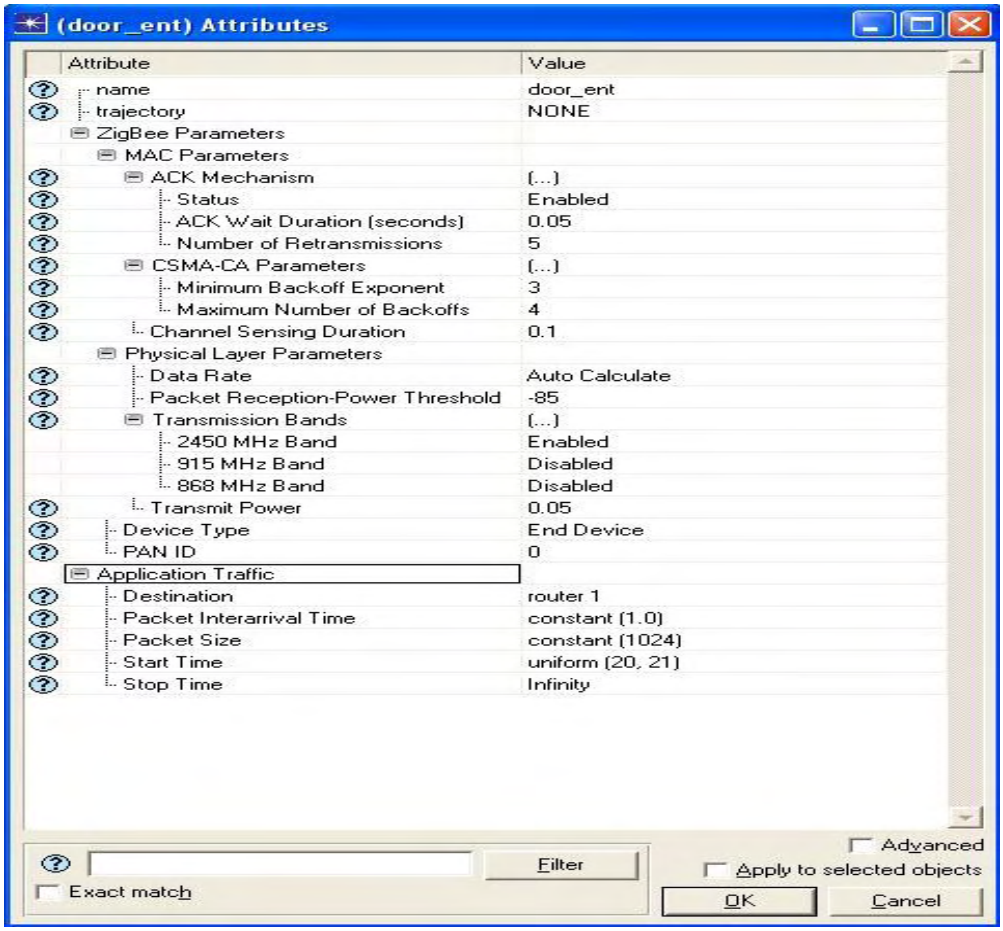
Εικόνα 17-Χαρακτηριστικά του Συντονιστή του δικτύου

Δρομολογητής: Ο δρομολογητής είναι ένας πλήρως εξοπλισμένος κόμβος. Έχει την δυνατότητα να ενταχθεί σε υπάρχοντα δίκτυα , να λάβει , να στείλει και να «δρομολογήσει» πληροφορίες. Με τον όρο δρομολογήσει νοείται η λειτουργία «διευκόλυνσης» της επικοινωνίας μεταξύ άλλων συσκευών που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση και δεν μπορούν να επικοινωνήσουν άμεσα μεταξύ τους. Οι δρομολογητές στις περισσότερες περιπτώσεις είναι συνδεδεμένοι με συνεχή παροχή ηλεκτρικού ρεύματος καθώς είναι απαραίτητη η συνεχής λειτουργία και απαιτεί ενέργεια.



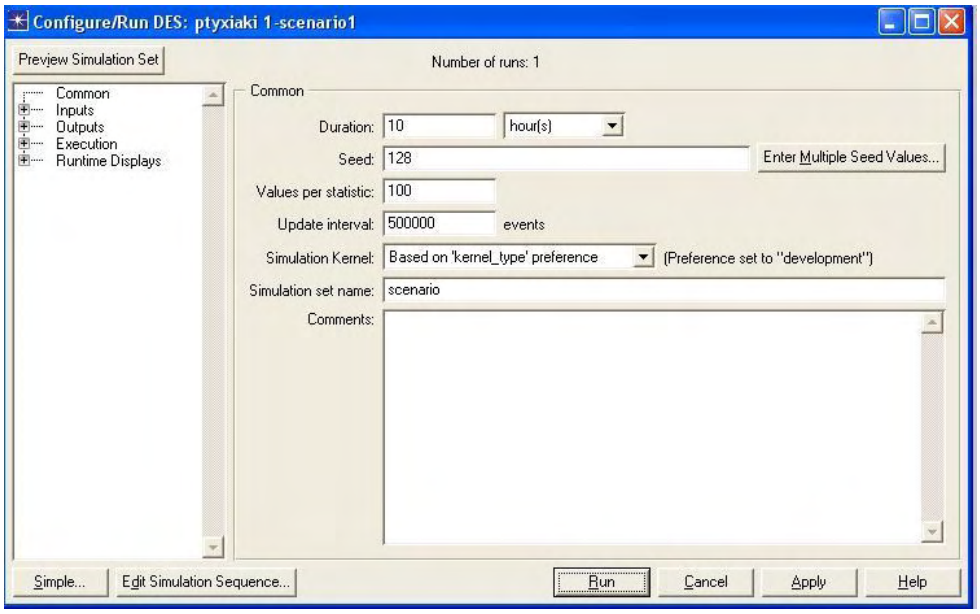
Εικόνα 18-Χαρακτηριστικά του δρομολογητή για την προσομοίωση

Τερματική συσκευή: Οι τερματικές συσκευές αποτελούν μια πιο απλουστευμένη εκδοχή των δρομολογητών. Μπορούν να ενταχθούν σε ένα δίκτυο, να στείλουν και να λάβουν πληροφορίες, όμως δεν μπορούν να μεταφέρουν πληροφορίες από άλλες συσκευές. Αποτελούν τον φτηνότερο κόμβο του δικτύου και τον λιγότερο ενεργοβόρρο καθώς μπορούν να αυτοτροφοδοτούνται εξοικονομώντας ενέργεια κατά την μετάβαση των καταστάσεων τους. Μια τερματική συσκευή δεν μπορεί να υπάρξει μόνη στο δίκτυο και απαιτείται ένας δρομολογητής ή συντονιστής για να λειτουργεί ως βάση του δικτύου. Συνήθως ένα δίκτυο ZigBee αποτελείται από πολλές τερματικές συσκευές.



Εικόνα 19-Χαρακτηριστικά Τερματικής Συσκευής για την προσομοίωση

Ο χρόνος της προσομοίωσης ορίστηκε σε 10 ώρες και στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι υπόλοιπες λεπτομέρειες της προσομοίωσης.



Εικόνα 20-Χρόνος και λεπτομέρειες προσομοίωσης

Ακολουθούν τα διάφορα σενάρια στα οποία γίνονται συγκεκριμένες μετρήσεις κάποια από αυτά παρουσιάζουν την βλάβη κάποιων κόμβων και τα αποτελέσματα τους, επίσης στο τελευταίο σενάριο εξετάζεται ένας κινητός κόμβος που προσομοιώνει την κίνηση ενός ανθρώπου στο χώρο και την διαφορά που παρουσιάζει στα αποτελέσματα. Οι μετρήσεις γίνονται στα εξής μέτρα αξιολόγησης του δικτύου:

- **Καθυστέρηση (**DELAY): Ορίζει τον χρόνο που θέλει ένα bit για να ταξιδέψει από μία συσκευή σε μία άλλη και μετριέται συνήθως σε δευτερόλεπτα
- **Φόρτο Δικτύου** (LOAD): Ορίζει τον φόρτο δεδομένων που επιβαρύνει το δίκτυο κατά την αποστολή και λήψη δεδομένων μεταξύ των συσκευών του και μετριέται σε bits/sec
- **Παροχέτευση (**THROUGHTPUT): μας λέει πόση κίνηση περνά από τη μια άκρη στην άλλη ανά μονάδα χρόνου και μετριέται σε bits/sec
- End to End delay: Ορίζει τον χρόνο που χρειάζεται ένα μήνυμα για να φτάσει από τον προορισμό του στον τελικό παραλήπτη και μετριέται συνήθως σε δευτερόλεπτα
- **Απώλεια Πακέτων** (Packets Drooped): Ορίζει των αριθμό των πακέτων που μεταφέρθηκαν μέσα στο δίκτυο αλλά δεν κατάφεραν να παραδοθούν.

3.2 **Είδος και Πλήθος αισθητήρων**

Στο πείραμα ο αριθμός και το είδος των αισθητήρων είναι το βασικό στοιχείο για να αρχίσει ο σχεδιασμός του δίκτυο. Οι ασύρματοι αισθητήρες είναι εκείνοι που έχουν κατακτήσει την αγορά καθώς μπορούν να καλύψουν ευκολότερα μεγαλύτερους χώρους χωρίς να έχουν μεγάλη πολυπλοκότητα στην τοποθέτηση τους. Σύμφωνα με όσα παρουσιάστηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο σχετικά με τις ανάγκες ενός «έξυπνου σπιτιού», αρχικά τοποθετείται ένας μικρός αριθμός ασύρματων σταθερών αισθητήρων που είναι κατανεμημένοι αρμονικά στον χώρο με σκοπό να καλύψουν κάθε μέρος του σπιτιού.

Εγκαθίστανται αισθητήρες περιμετρικά των δωματίων για έλεγχο πυρκαγιάς, πλημύρας, καπνού, καθώς και σε παράθυρα και πόρτες για ασφάλεια.

Τοποθετούνται επίσης σε κρεβάτι και καναπέ για να ελεγχθεί η κατάκλιση του ατόμου. Επιπλέον ένας αισθητήρας παίρνει τυπικά τον τίτλο «τηλεόραση» χάριν ευκολίας προσπαθώντας να προσομοιωθεί το διαδραστικό σύστημα επικοινωνίας του ατόμου.

Στην συνέχεια αυξάνεται ο αριθμός των κόμβων για να δοθούν περισσότερα αποτελέσματα και να ελεγχθεί πως ανταποκρίνεται το δίκτυο σε ένα πιο πολύπλοκο σύμπλεγμα αισθητήρων που προσφέρει όμως μεγαλύτερη σιγουριά και ασφάλεια, αφού δίνει πιο ολοκληρωμένες ενδείξεις.

Εκτός από τους σταθερούς κόμβους τοποθετούνται και κινητοί κόμβοι με σκοπό να προσομοιωθεί μια τροχιά παρόμοια με ενός ανθρώπου για να ληφθούν βιομετρικά δεδομένα του ατόμου. Υπάρχουν συνολικά λοιπόν, αρχικά 10 σταθεροί κόμβοι για λήψη μετρήσεων σε όλο το χώρο. Έπειτα αυξάνεται ο αριθμός των τερματικών συσκευών σε 18, καλύπτοντας καλύτερα το χώρο και μειώνοντας την πιθανότητα εσφαλμένων δεδομένων σε περίπτωση απώλειας η μη λήψης στοιχείων από κάποια συσκευή. Τέλος 4 κινητές ασύρματες τερματικές συσκευές φθάνουν το συνολικό πλήθος στους 22 τερματικούς κόμβους.

3.3 **Πρωτόκολλο**

Οι απαιτήσεις του δικτύου είναι τέτοιες που χρειάζεται κάποιο οικονομικό και με χαμηλή πολυπλοκότητα σχεδιασμό. Επιλέγεται λοιπόν το πρωτόκολλο Zigbee καθώς οι απαιτήσεις για λογισμικό είναι μικρές και έχει φτηνούς και χαμηλής ισχύος κόμβους. Καλύπτει ιδανικά τον χώρο καθώς είναι μέσα στο πλαίσια της εμβέλειας των 100 μέτρων. Το πρωτόκολλο αυτό είναι ικανό να δεχτεί τερματικές συσκευές που εκτελούν πολλές διαφορετικές εργασίες ταυτόχρονα και μπορούν να ενταχτούν στο δίκτυο σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα.

Με βάση όσα μελετήθηκαν προηγουμένως σχετικά με ασύρματα δίκτυα και πάντα σύμφωνα με τις ανάγκες τις εργασίας το δίκτυο Zigbee φαντάζει το ιδανικό αφού υπάρχει ένας σχετικά μεγάλος αριθμός από τερματικές συσκευές που απαιτούν γρήγορη και ασφαλή ένταξη στο δίκτυο. Ο στόχος της ασύρματης επικοινωνίας είναι να στέλνονται και να λαμβάνονται απλές εντολές ή η συγκέντρωση πληροφοριών από αισθητήρες, όπως θερμοκρασίας, υγρασίας, κ.λπ. Οπότε το Zigbee είναι αυτό που προσφέρει τη μεγαλύτερη ισχύ και την πιο οικονομική λύση συγκριτικά με το Bluetooth και το IEEE802.11b.

Το πρότυπο του ZigBee χρησιμοποιείται κυρίως όπου απαιτούνται εφαρμογές πολύ χαμηλού κόστους, χαμηλός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων και πάρα πολύ χαμηλή κατανάλωση ισχύος. Το πρότυπο ZigBee συμβάλλει στη μείωση του κόστους εγκατάστασης, με την απλοποίηση των πρωτοκόλλων επικοινωνίας και με τη μείωση του ρυθμού δεδομένων. Οι ελάχιστες απαιτήσεις που ικανοποιούν τα πρότυπα ZigBee και IEEE 802.15.4 είναι σχετικά "χαλαρές" αν συγκριθούν με άλλα πρότυπα, όπως το IEEE 802.11, με αποτέλεσμα να μειώνεται η πολυπλοκότητα και το κόστος εγκατάστασης πομποδεκτών συμβατών με το

ZigBee

3.4 **Αρχιτεκτονική**

Κάθε δίκτυο ZigBee αποτελείται από διάφορους παράγοντες. Το ελάχιστο που μπορεί να έχει δυο συσκευές: μια συσκευή που συντονίζει το δίκτυο και μια οποιαδήποτε άλλη -είτε αυτή είναι δρομολογητής είτε είναι τερματική συσκευή-.

Σε πολλά δίκτυα υπάρχουν πολύ περισσότερες της μιας συσκευές πάντα όμως μόνο μια συσκευή συντονιστής. Στην παρούσα εργασία σε κάθε σενάριο υπάρχει μια συσκευή συντονισμού που λαμβάνει τις πληροφορίες από όλους τους κόμβους. Είναι η τελική συσκευή που αλληλεπιδρά με την περιοχή έξω από το δίκτυο και ορίζει το αναγνωριστικό PAN, ώστε να εντάσσονται οι υπόλοιπες συσκευές στο δίκτυο. Είναι τοποθετημένη σε όσο το δυνατόν κεντρικότερο σημείο με σκοπό να λαμβάνει ευκολότερα και γρηγορότερα τα δεδομένα από τις άλλες συσκευές.

Στο δίκτυο χρησιμοποιούνται και συσκευές δρομολόγησης. Είναι συσκευές με μεγαλύτερη επεξεργαστική ισχύ που αναλαμβάνουν την δρομολόγηση των δεδομένων από τις τερματικές στον τελικό προορισμό, που είναι ο συντονιστής. Ο αριθμός τον συσκευών που δρουν σαν δρομολογητές ποικίλει ανάλογα με την τοπολογία που εξετάζεται σε κάθε σενάριο.

Τέλος ολοκληρώνεται το δίκτυο με τις τερματικές συσκευές. Αυτές είναι απλούστερες συσκευές που παράγουν δεδομένα και τα δρομολογούν ανάλογα με το εκάστοτε σενάριο σε διαφορετική συσκευή. Στα τελικά σενάρια χρησιμοποιούνται και κινητές τερματικές συσκευές.

Με βάση λοιπόν όλα αυτά η αρχιτεκτονική που επιλέχτηκε είναι εκείνη της ανάπτυξης κόμβου σε συνδυασμό με ένα μοντέλο συνεχούς διαβίβασης και μετάδοσης δεδομένων. Στο συγκεκριμένο δίκτυο οι αισθητήρες είναι τοποθετημένοι χειροκίνητα, αφού έχουν σκοπό να καλύψουν ολόκληρο το χώρο και έτσι δεν δημιουργείται η ανάγκη πολλαπλών δρομολογήσεων, αλλά έχουν προσχεδιαστεί τα μονοπάτια από τα οποία θα ρέουν τα δεδομένα με σκοπό να φτάσουν στον τελικό προορισμό. Επιπλέον λόγω της ύπαρξης συνεχούς πηγής ενέργειας αφού ο χώρος βρίσκεται σε ένα σπίτι δεν αντιμετωπίζονται προβλήματα εξοικονόμησης ενέργειας και έτσι δεν χρειάζονται οι κόμβοι να μπαίνουν σε κατάσταση αδράνειας και να στέλνουν ανά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα πακέτα με πληροφορίες που έχουν συγκεντρώσει .

3.5 Τοπολογία

Όσο αφορά τις τοπολογίες δοκιμάζεται η ιεραρχική για να εξεταστεί μια δομή με ισοκατανομή του φορτίου μετάδοσης. Έτσι χρησιμοποιώντας δρομολογητές διαμοιράζονται τα δεδομένα και το φορτίο σε πιο ισχυρές συσκευές που αυτές αναλαμβάνουν να κατευθύνουν τις πληροφορίες στον τελικό παραλήπτη που είναι ο συντονιστής του δικτύου.

Με την ιεραρχική κατανομή επιτυγχάνονται μεγαλύτερες ταχύτητες και μικρότερη καθυστέρηση. Επιπλέον μπορούν να τοποθετηθούν δρομολογητές έτσι ώστε οι ομάδα των τερματικών συσκευών, που επικοινωνεί μαζί τους, να βρίσκεται όσο πιο κοντά γίνεται και να αποφεύγονται σφάλματα στην δρομολόγηση.

Στη συνέχεια εξετάζεται η τοπολογία συστάδας με την οποία επιχειρείται να μοιραστούν περισσότερο τα δεδομένα χωρίς να χρησιμοποιηθούν επιπλέον δρομολογητές καθώς είναι ακριβότερες συσκευές και αυτό θα ανέβαζε το κόστος του δικτύου. Οι συστάδες βοηθάνε στον αποδοτικότερο έλεγχο του δικτύου και σε αποτροπή θεμάτων ασφάλειας καθώς ο διαμοιρασμός των δεδομένων γίνεται, έτσι ώστε, σε περίπτωση απώλειας ενός κόμβου η πληροφορία που θα χαθεί να είναι μικρή. Ο μεγάλος αριθμός κόμβων που χρησιμοποιείται στο δίκτυο κάνει απαραίτητη την ύπαρξη συστάδων και ηγετικών κόμβων που αναλαμβάνουν την προώθηση των δεδομένων.

Η έλλειψη προβλημάτων ενέργειας αφού το δίκτυο αναπτύσσεται σε χώρο με συνεχή παροχή ρεύματος βοηθάει στο να χρησιμοποιούνται ηγετικές συσκευές και δρομολογητές ταυτόχρονα, δημιουργώντας μια τοπολογία δέντρου, χωρίς μία κεντρική συσκευή, αλλά με περισσότερες να μοιράζονται αυτό το φορτίο.

Βιβλιογραφία και Αναφορές

1. Τεχνολογία μετρήσεων και αισθητήρων Συγγραφέας: Σπυρίδων Ι. Λουτρίδης Εκδότης: Ίων
2. Ηλεκτρικές μετρήσεις και αισθητήρες Αρχές λειτουργίας και σχεδιασμός των Ηλεκτρονικών Συστημάτων Μέτρησης Συγγραφέας: Κώστας Καλαϊτζάκης, Ευτύχης Κουτρούλης Εκδότης: Κλειδάριθμος
3. Μικροαισθητήρες, Αρχές και εφαρμογές(Microsensors Principles and Applications) Julian W. Gardner
4. Τεχνολογία Αισθητήρων & Μικροσυστημάτων Ι.Α. Αβαριτσιώτης
5. Morris A.S, Principles of Measurement and instrumentation , Prentice Hall, New York, 1993
6. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ Φυσικής – Τεχνολογίας ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΕΚΔΟΣΗΤΟΥ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣΤΗΣ ΕΝΩΣΗΣ ΕΛΛΗΝΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ (Ε.Ε.Φ.)ΤΕΥΧΟΣ 1ºΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ-ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ-ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ2010
7. Morris A.S. Principles of Measurement and Instrumentation. PrenticeHall, NewYork, 1993
8. ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ Συγγραφέας: Καλοβρέκτης Κ., Κατέβας Ν.Εκδοτικός Οίκος: ΤΖΙΟΛΑΈτος έκδοσης: 2012
9. Perkins, "Ad Hoc Networks", Addison-Wesley, Reading, MA, 2000.
10. A.Edenbrandt, "Chordal graph recognition is in NC," Inform, Process, Lett., vol. 24, pp 23 9-241, 1987.
11. Joseph Polastre, Jason Hill and David Culler, "Versatile Low Power Media Access for Wireless Sensor Networks", In Second ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (2004), New York: ACM press, 2004, pp 95-107.
12. Holger Karl and Andreas Willing. "Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks", John Wiley &Sons, 2005.
13. Mario Alves , Anis Koubaa and Eduardo Tovar. "IEEE 802.15.4: a federating Communication protocol for time-sensitive wireless sensor networks,

14. Wireless ad hoc networking - The art of networking without a network, Magnus Frodigh, Per Johansson and Peter Larsson
15. Mobile Ad hoc Networking (MANET): Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations, S. Corson, J. Macker
16. Routing Protocols in Wireless Ad-hoc Networks - A Simulation Study, Tony Larsson, NicklasHedman
17. Wireless sensor networks for healthcare: A survey Hande Alemdar *, Cem Ersoy ** NETLAB, Computer Networks Research Laboratory, Department of Computer Engineering, Bogaziçi University, Bebek, 34342 Istanbul, Turkey
18. Dimitrios Georgoulas and Keith Blow. In-Motes Bins: A Real Time Application for EnvironmentalMonitoring in Wireless Sensor Networks.In IEEE, in proceedings of the 9th IEEE/IFIP InternationalConference on Mobile and Wireless Communications Networks, pp21-26, Cork, Ireland, September2007
19. Wireless Medical Sensor Networks in Emergency Response: Implementation and Pilot Results, Tia Gao, Christopher Pesto, Leo Selavo, Yin Chen, JeongGil Ko, JongHyun Lim, Andreas Terzis, Andrew Watt, James Jeng, Bor-rong Chen, Konrad Lorincz, Matt Welsh, 2008 IEEE International Conference on Technologies for Homeland Security, May, 2008
20. An Advanced Wireless Sensor Network for Health Monitoring G. Virone, A. Wood, L. Selavo, Q. Cao, L. Fang, T. Doan, Z. He, R. Stoleru, S. Lin, and J.A. Stankovic Department of Computer Science, University of Virginia
21. http://www.eeweb.com/news/smart-homes-sensor-networks/
22. OPNET Technologies. OPNET Documentation V.8.0.
23. Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y. & Cayirci, E. (2002). A survey on sensor network, IEEE Communications Magazine
24. Smart homes — Current features and future perspectives

Marie Chan[a,b,*], Eric Campo[a,b], Daniel Estθve[a,b], Jean-Yves Fourniols[a,b]

Κεφάλαιο 4ο- Προσομοίωση στο OPNET και αποτελέσματα

4.1 **Σενάριο 1**

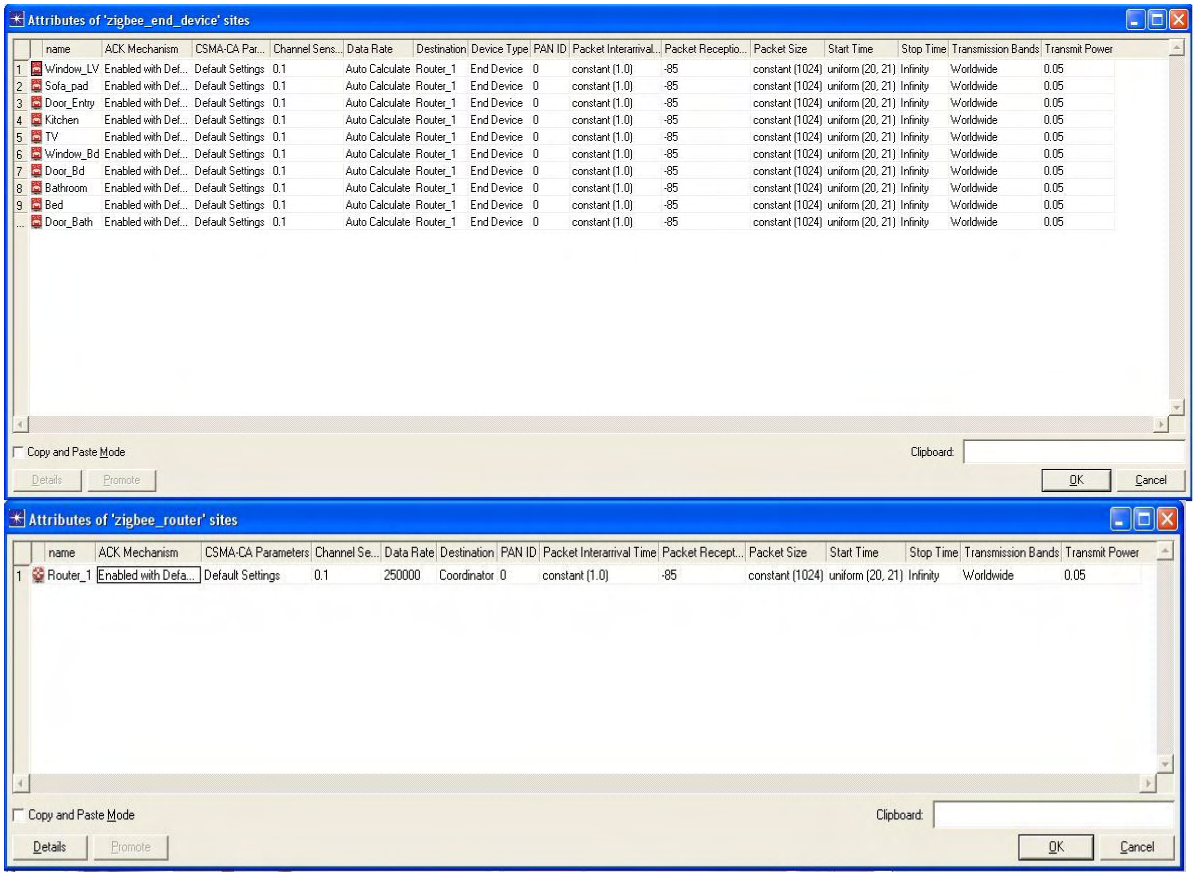
Εικόνα 21-Τοποθέτηση συσκευών 1ο σενάριο

Στο πρώτο σενάριο τοποθετούνται

- 10 κόμβοι-αισθητήρες
- 1 Δρομολογητής (Router) και
- 1 Συντονιστής (Coordinator)

Τα δεδομένα μεταφέρονται από τους κόμβους στο δρομολογητή και από εκεί στον συντονιστή

Ρυθμίσεις δρομολόγησης τερματικών συσκευών και δρομολογητών



Attributes of 'zigbee_end_device' sites

	name	ACK Mechanism	CSMA-CA Par...	Channel Sens...	Data Rate	Destination	Device Type	PAN ID	Packet Interarrival...	Packet Receptio...	Packet Size	Start Time	Stop Time	Transmission Bands	Transmit Power
1	Window_LV	Enabled with Def...	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Router_1	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
2	Sofa_pad	Enabled with Def...	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Router_1	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
3	Door_Entry	Enabled with Def...	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Router_1	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
4	Kitchen	Enabled with Def...	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Router_1	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
5	TV	Enabled with Def...	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Router_1	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
6	Window_Bd	Enabled with Def...	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Router_1	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
7	Door_Bd	Enabled with Def...	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Router_1	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
8	Bathroom	Enabled with Def...	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Router_1	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
9	Bed	Enabled with Def...	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Router_1	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Door_Bath	Enabled with Def...	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Router_1	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05

Copy and Paste Mode Clipboard: Details Promote OK Cancel

Attributes of 'zigbee_router' sites

	name	ACK Mechanism	CSMA-CA Parameters	Channel Se...	Data Rate	Destination	PAN ID	Packet Interarrival Time	Packet Recept...	Packet Size	Start Time	Stop Time	Transmission Bands	Transmit Power
1	Router_1	Enabled with Defa...	Default Settings	0.1	250000	Coordinator	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05

Copy and Paste Mode Clipboard: Details Promote OK Cancel

Εικόνα 22-Ρυθμίσεις συσκευών 1ο σενάριο

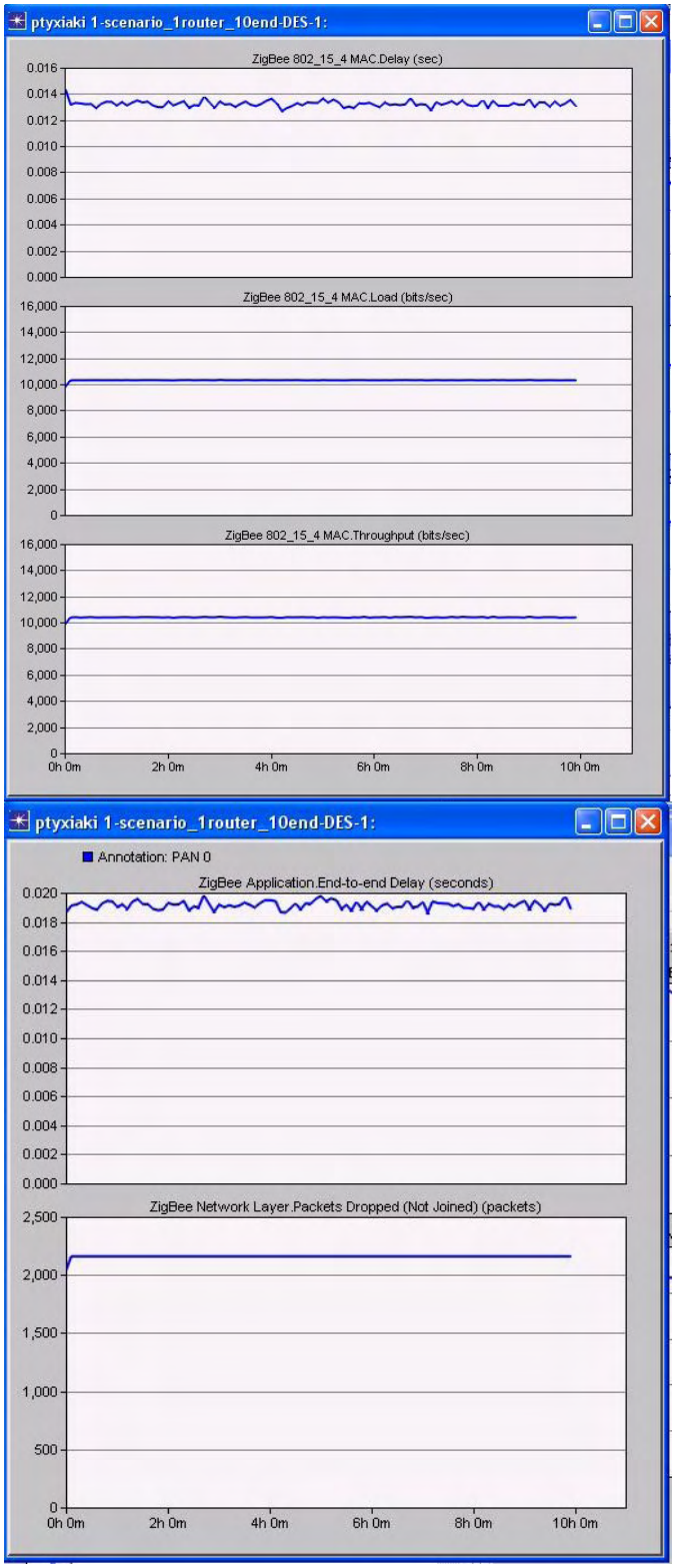
ΣΧΟΛΙΟ

Στο πρώτο σενάριο γίνεται η προσπάθεια να δημιουργηθεί ένα όσο το δυνατόν πιο απλό δίκτυο και να εξεταστούν οι αποδόσεις του με σκοπό να γίνει η βάση στην οποία θα στηριχθεί και θα το αναπτυχτεί το δίκτυο.

Τοποθετούνται 10 τερματικές συσκευές, οι οποίες λειτουργούν σαν αισθητήρες, έχοντας ένα σταθερό πακέτο δεδομένων σαν είσοδο και μια ομοιόμορφη κατανομή, προσπαθώντας να προσομοιώσουν μετρήσεις από ένα πραγματικό δίκτυο.

Ένας δρομολογητής δέχεται τα δεδομένα από όλες τις τερματικές συσκευές και τα προωθεί στον συντονιστή του δικτύου. Υπάρχει λοιπόν μια ιεραρχική τοπολογία με τον δρομολογητή να είναι η πιο ισχυρή συσκευή που δέχεται και προωθεί στον τελικό προορισμό τα δεδομένα.

Γραφήματα Αποτελεσμάτων



Εικόνα 23-Αποτελέσματα 1ο σενάριο

4.2 **Σενάριο 2**

Εικόνα 24-**Τοποθέτηση συσκευών 2ο σενάριο**

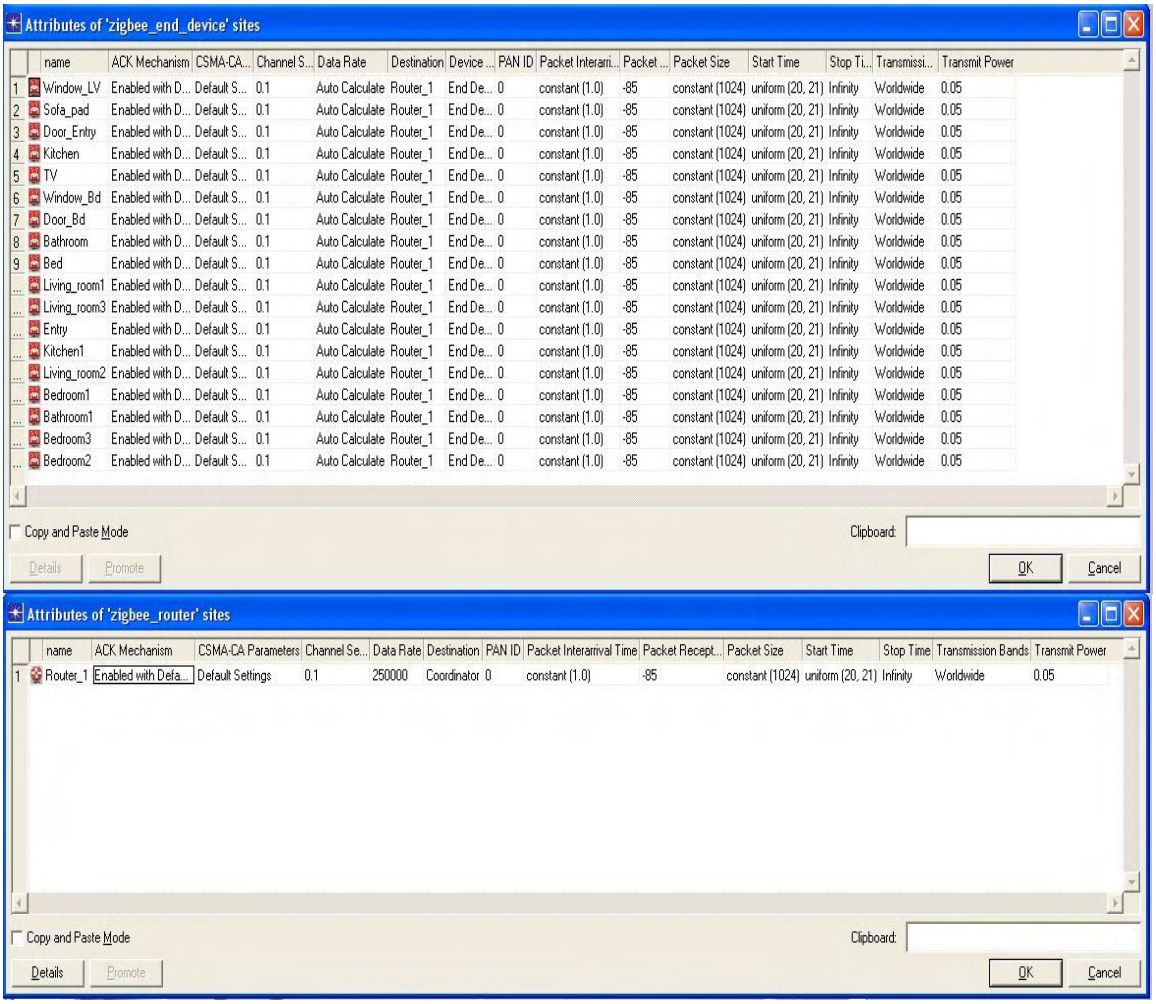
Στο δεύτερο σενάριο αυξάνεται ο αριθμός των τερματικών συσκευών για να καλυφτούν αποτελεσματικότερα οι ανάγκες του «έξυπνου» σπιτιού, ενώ ένας και μόνο δρομολογητής εξακολουθεί να υφίσταται.

Υπάρχουν λοιπόν:

- 18 Τερματικές Συσκευές
- 1 Δρομολογητής
- 1 Συντονιστής

Η μεταφορά των δεδομένων παραμένει η ίδια με πριν, όπου οι τερματικές συσκευές στέλνουν τα δεδομένα στο δρομολογητή και εκείνος στον τελικό δέκτη, δηλαδή τον συντονιστή.

Ρυθμίσεις δρομολόγησης τερματικών συσκευών και δρομολογητών



Attributes of 'zigbee_end_device' sites

	name	ACK Mechanism	CSMA-CA...	Channel S...	Data Rate	Destination	Device ...	PAN ID	Packet Interarri...	Packet ...	Packet Size	Start Time	Stop Ti...	Transmissi...	Transmit Power
1	Window_LV	Enabled with D...	Default S...	0.1	Auto Calculate	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
2	Sofa_pad	Enabled with D...	Default S...	0.1	Auto Calculate	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
3	Door_Entry	Enabled with D...	Default S...	0.1	Auto Calculate	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
4	Kitchen	Enabled with D...	Default S...	0.1	Auto Calculate	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
5	TV	Enabled with D...	Default S...	0.1	Auto Calculate	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
6	Window_Bd	Enabled with D...	Default S...	0.1	Auto Calculate	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
7	Door_Bd	Enabled with D...	Default S...	0.1	Auto Calculate	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
8	Bathroom	Enabled with D...	Default S...	0.1	Auto Calculate	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
9	Bed	Enabled with D...	Default S...	0.1	Auto Calculate	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Living_room1	Enabled with D...	Default S...	0.1	Auto Calculate	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Living_room3	Enabled with D...	Default S...	0.1	Auto Calculate	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Entry	Enabled with D...	Default S...	0.1	Auto Calculate	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Kitchen1	Enabled with D...	Default S...	0.1	Auto Calculate	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Living_room2	Enabled with D...	Default S...	0.1	Auto Calculate	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Bedroom1	Enabled with D...	Default S...	0.1	Auto Calculate	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Bathroom1	Enabled with D...	Default S...	0.1	Auto Calculate	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Bedroom3	Enabled with D...	Default S...	0.1	Auto Calculate	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Bedroom2	Enabled with D...	Default S...	0.1	Auto Calculate	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05

Copy and Paste Mode Clipboard: Details Promote OK Cancel

Attributes of 'zigbee_router' sites

	name	ACK Mechanism	CSMA-CA Parameters	Channel Se...	Data Rate	Destination	PAN ID	Packet Interarrival Time	Packet Recept...	Packet Size	Start Time	Stop Time	Transmission Bands	Transmit Power
1	Router_1	Enabled with Defa...	Default Settings	0.1	250000	Coordinator	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05

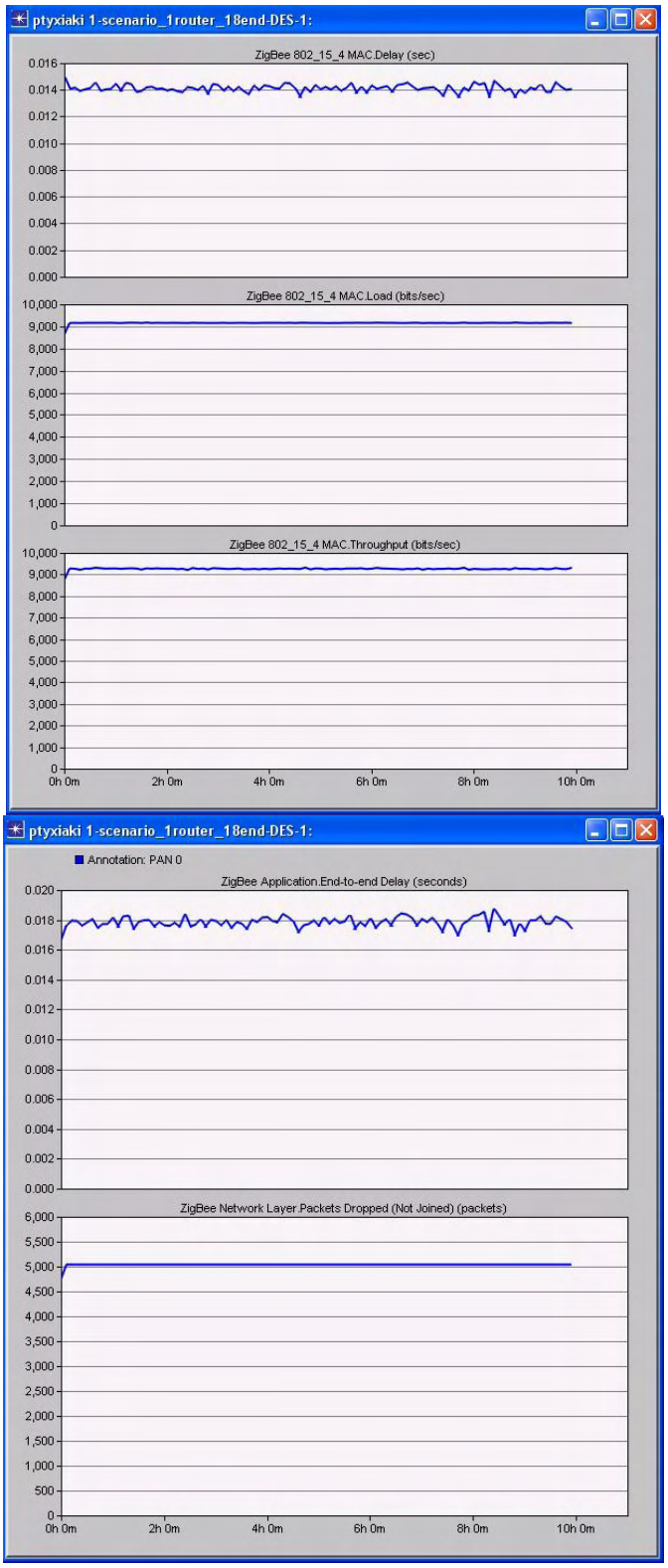
Copy and Paste Mode Clipboard: Details Promote OK Cancel

Εικόνα 25-Ρυθμίσεις συσκευών 2ο σενάριο

ΣΧΟΛΙΟ

Οι ανάγκες ενός «έξυπνου» σπιτιού είναι πολλές. Έχοντας δοκιμαστεί το δίκτυο σε ένα απλούστερο σενάριο, εμπλουτίζεται με 8 επιπλέον τερματικές συσκευές και εξετάζεται πως μπορεί να ανταπεξέλθει. Τα αποτελέσματα είναι ικανοποιητικά οπότε στα επόμενα σενάρια θα εφαρμοστούν διαφορετικές τοπολογίες για να επιτευχτεί η μείωση του φόρτου και της καθυστέρησης.

Γραφήματα Αποτελεσμάτων



Εικόνα 26-Αποτέλεσματα 2ο σενάριο

4.3 **Σενάριο 3**

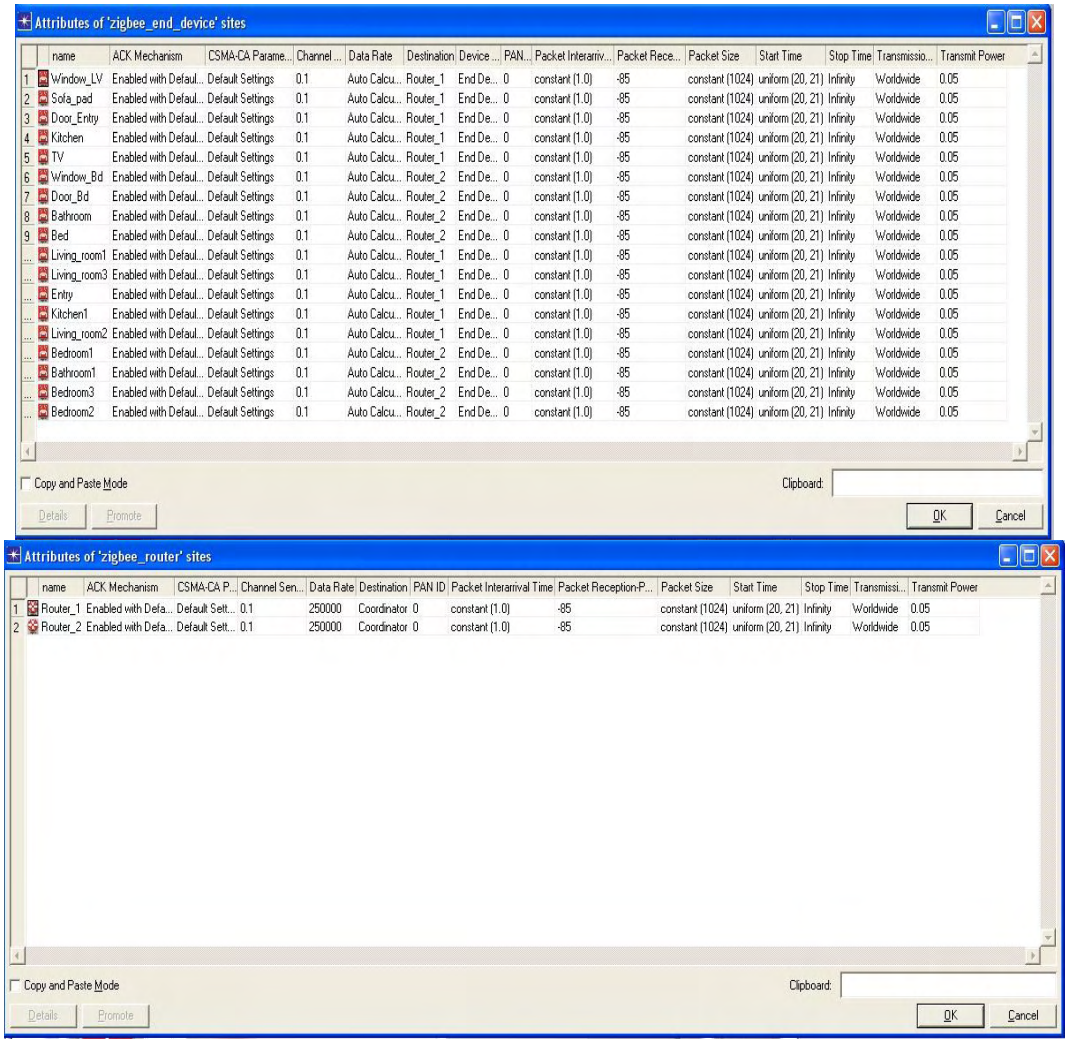
Εικόνα 27-Τοποθέτηση συσκευών 3ο σενάριο

Σε αυτό το σε το σενάριο προστίθεται ένας δεύτερος δρομολογητή στις 18 τερματικές συσκευές και διαμοιράζεται η δρομολόγηση τους ανάλογα με την απόσταση από τον κάθε δρομολογητή.

Το σενάριο περιέχει:

- 18 Τερματικές Συσκευές
- 2 Δρομολογητές
- 1 Συντονιστή

Ρυθμίσεις δρομολόγησης τερματικών συσκευών και δρομολογητών



Attributes of 'zigbee_end_device' sites

	name	ACK Mechanism	CSMA-CA Parame...	Channel ...	Data Rate	Destination	Device ...	PAN...	Packet Interarriv...	Packet Rece...	Packet Size	Start Time	Stop Time	Transmissio...	Transmit Power
1	Window_LV	Enabled with Defaul...	Default Settings	0.1	Auto Calcu...	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
2	Sofa_pad	Enabled with Defaul...	Default Settings	0.1	Auto Calcu...	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
3	Door_Entry	Enabled with Defaul...	Default Settings	0.1	Auto Calcu...	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
4	Kitchen	Enabled with Defaul...	Default Settings	0.1	Auto Calcu...	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
5	TV	Enabled with Defaul...	Default Settings	0.1	Auto Calcu...	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
6	Window_Bd	Enabled with Defaul...	Default Settings	0.1	Auto Calcu...	Router_2	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
7	Door_Bd	Enabled with Defaul...	Default Settings	0.1	Auto Calcu...	Router_2	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
8	Bathroom	Enabled with Defaul...	Default Settings	0.1	Auto Calcu...	Router_2	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
9	Bed	Enabled with Defaul...	Default Settings	0.1	Auto Calcu...	Router_2	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Living_room1	Enabled with Defaul...	Default Settings	0.1	Auto Calcu...	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Living_room3	Enabled with Defaul...	Default Settings	0.1	Auto Calcu...	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Entry	Enabled with Defaul...	Default Settings	0.1	Auto Calcu...	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Kitchen1	Enabled with Defaul...	Default Settings	0.1	Auto Calcu...	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Living_room2	Enabled with Defaul...	Default Settings	0.1	Auto Calcu...	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Bedroom1	Enabled with Defaul...	Default Settings	0.1	Auto Calcu...	Router_2	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Bathroom1	Enabled with Defaul...	Default Settings	0.1	Auto Calcu...	Router_2	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Bedroom3	Enabled with Defaul...	Default Settings	0.1	Auto Calcu...	Router_2	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Bedroom2	Enabled with Defaul...	Default Settings	0.1	Auto Calcu...	Router_2	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05

Copy and Paste Mode Clipboard: Details Promote OK Cancel

Attributes of 'zigbee_router' sites

	name	ACK Mechanism	CSMA-CA P...	Channel Sen...	Data Rate	Destination	PAN ID	Packet Interarrival Time	Packet Reception-P...	Packet Size	Start Time	Stop Time	Transmissi...	Transmit Power
1	Router_1	Enabled with Defa...	Default Sett...	0.1	250000	Coordinator	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
2	Router_2	Enabled with Defa...	Default Sett...	0.1	250000	Coordinator	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05

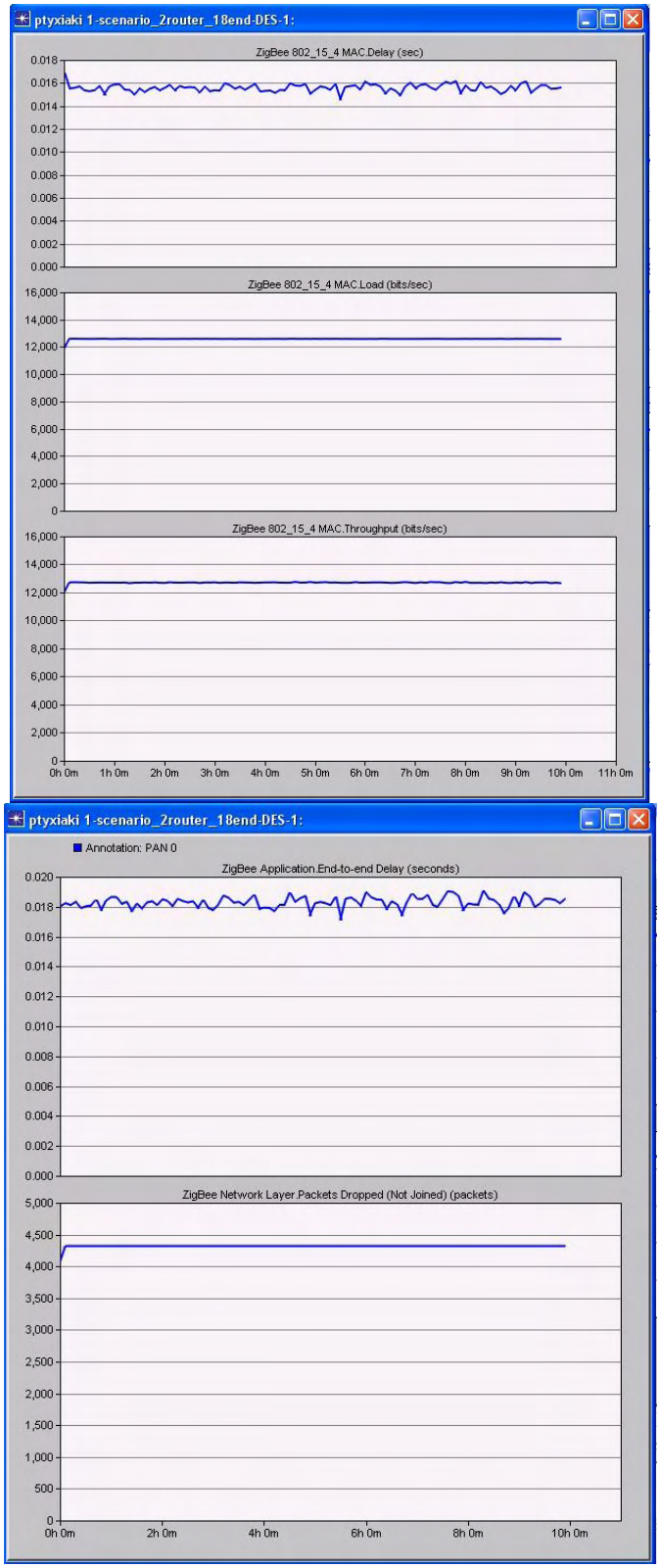
Copy and Paste Mode Clipboard: Details Promote OK Cancel

Εικόνα 28-Ρυθμίσεις συσκευών 3ο σενάριο

ΣΧΟΛΙΟ

Σε αυτό το σενάριο δοκιμάζεται ο διαμοιρασμός των δεδομένων των τερματικών συσκευών σε 2 δρομολογητές, για να μελετηθεί η διαφοροποίηση στο δίκτυο. Παρόλο που η παροχέτευση μεγαλώνει και συνεπώς έχουμε πολλά πακέτα να παραδίδονται, μεγαλώνει και ο φόρτος γεγονός να μην είναι ιδανικό για το δίκτυο.

Γραφήματα Αποτελεσμάτων



Εικόνα 29-Αποτελέσματα 3ο σενάριο

4.4 **Σενάριο 4**

Εικόνα 30-Τοποθέτηση συσκευών 4ο σενάριο

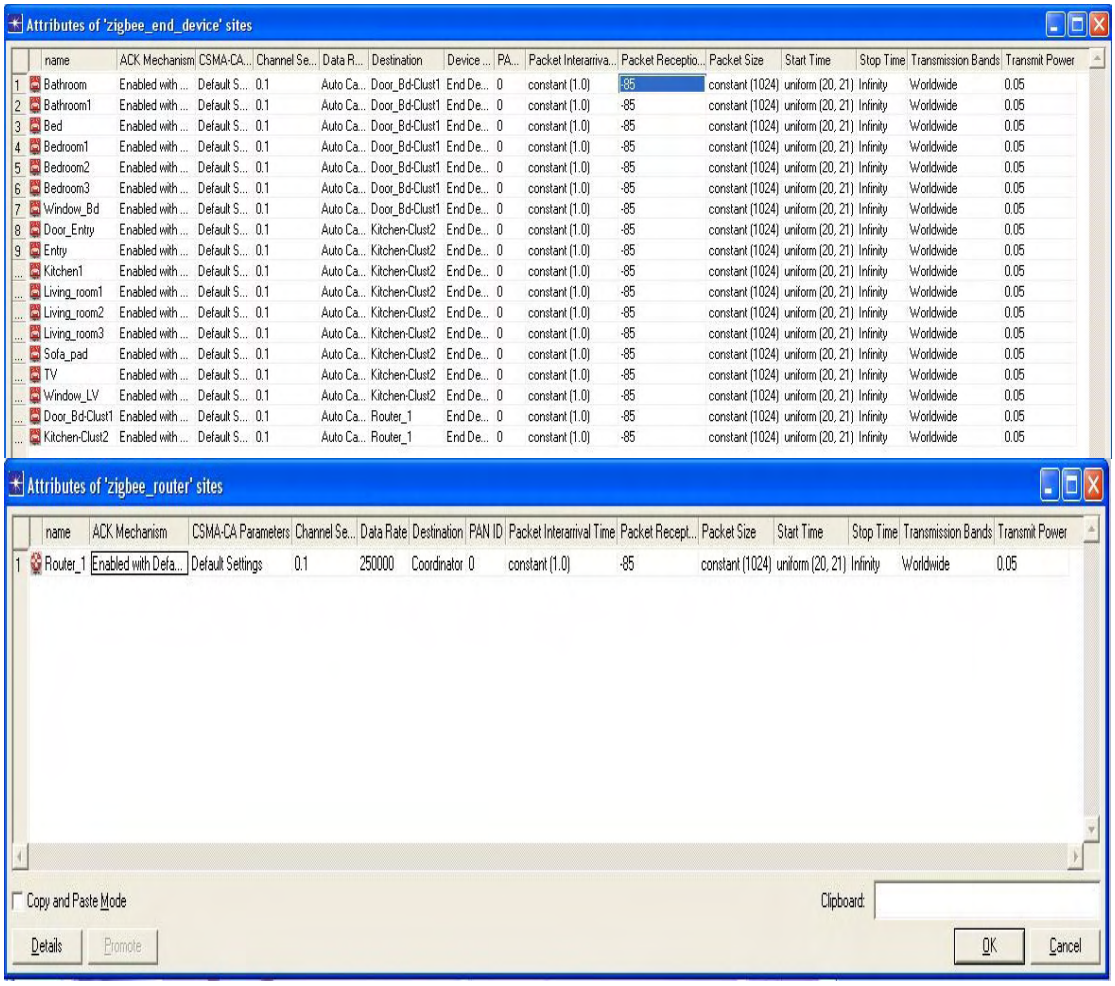
Σε αυτό το σενάριο επαναφέρεται η τοπολογία του ενός δρομολογητή στο δίκτυο. Αυτή την φορά τροποποιούνται 2 τερματικές συσκευές σε ηγετικούς κόμβους.

Το σενάριο αυτό περιέχει:

- 18 Τερματικές Συσκευές
- 1 Δρομολογητή
- 1 Συντονιστή
- 2 Τερματικές συσκευές σε Ηγετικό Ρόλο

Η δρομολόγηση εδώ γένεται με τους ηγετικούς κόμβους που λαμβάνουν τα δεδομένα των υπόλοιπων τερματικών και τα προωθούν στον Δρομολογητή.

Ρυθμίσεις δρομολόγησης τερματικών συσκευών και δρομολογητών



Attributes of 'zigbee_end_device' sites

	name	ACK Mechanism	CSMA-CA...	Channel Se...	Data R...	Destination	Device ...	PA...	Packet Interarriva...	Packet Receptio...	Packet Size	Start Time	Stop Time	Transmission Bands	Transmit Power
1	Bathroom	Enabled with ...	Default S...	0.1	Auto Ca...	Door_Bd-Clust1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
2	Bathroom1	Enabled with ...	Default S...	0.1	Auto Ca...	Door_Bd-Clust1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
3	Bed	Enabled with ...	Default S...	0.1	Auto Ca...	Door_Bd-Clust1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
4	Bedroom1	Enabled with ...	Default S...	0.1	Auto Ca...	Door_Bd-Clust1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
5	Bedroom2	Enabled with ...	Default S...	0.1	Auto Ca...	Door_Bd-Clust1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
6	Bedroom3	Enabled with ...	Default S...	0.1	Auto Ca...	Door_Bd-Clust1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
7	Window_Bd	Enabled with ...	Default S...	0.1	Auto Ca...	Door_Bd-Clust1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
8	Door_Entry	Enabled with ...	Default S...	0.1	Auto Ca...	Kitchen-Clust2	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
9	Entry	Enabled with ...	Default S...	0.1	Auto Ca...	Kitchen-Clust2	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Kitchen1	Enabled with ...	Default S...	0.1	Auto Ca...	Kitchen-Clust2	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Living_room1	Enabled with ...	Default S...	0.1	Auto Ca...	Kitchen-Clust2	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Living_room2	Enabled with ...	Default S...	0.1	Auto Ca...	Kitchen-Clust2	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Living_room3	Enabled with ...	Default S...	0.1	Auto Ca...	Kitchen-Clust2	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Sofa_pad	Enabled with ...	Default S...	0.1	Auto Ca...	Kitchen-Clust2	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	TV	Enabled with ...	Default S...	0.1	Auto Ca...	Kitchen-Clust2	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Window_LV	Enabled with ...	Default S...	0.1	Auto Ca...	Kitchen-Clust2	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Door_Bd-Clust1	Enabled with ...	Default S...	0.1	Auto Ca...	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Kitchen-Clust2	Enabled with ...	Default S...	0.1	Auto Ca...	Router_1	End De...	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05

Attributes of 'zigbee_router' sites

	name	ACK Mechanism	CSMA-CA Parameters	Channel Se...	Data Rate	Destination	PAN ID	Packet Interarrival Time	Packet Recept...	Packet Size	Start Time	Stop Time	Transmission Bands	Transmit Power
1	Router_1	Enabled with Defa...	Default Settings	0.1	250000	Coordinator	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05

Copy and Paste Mode

Clipboard:

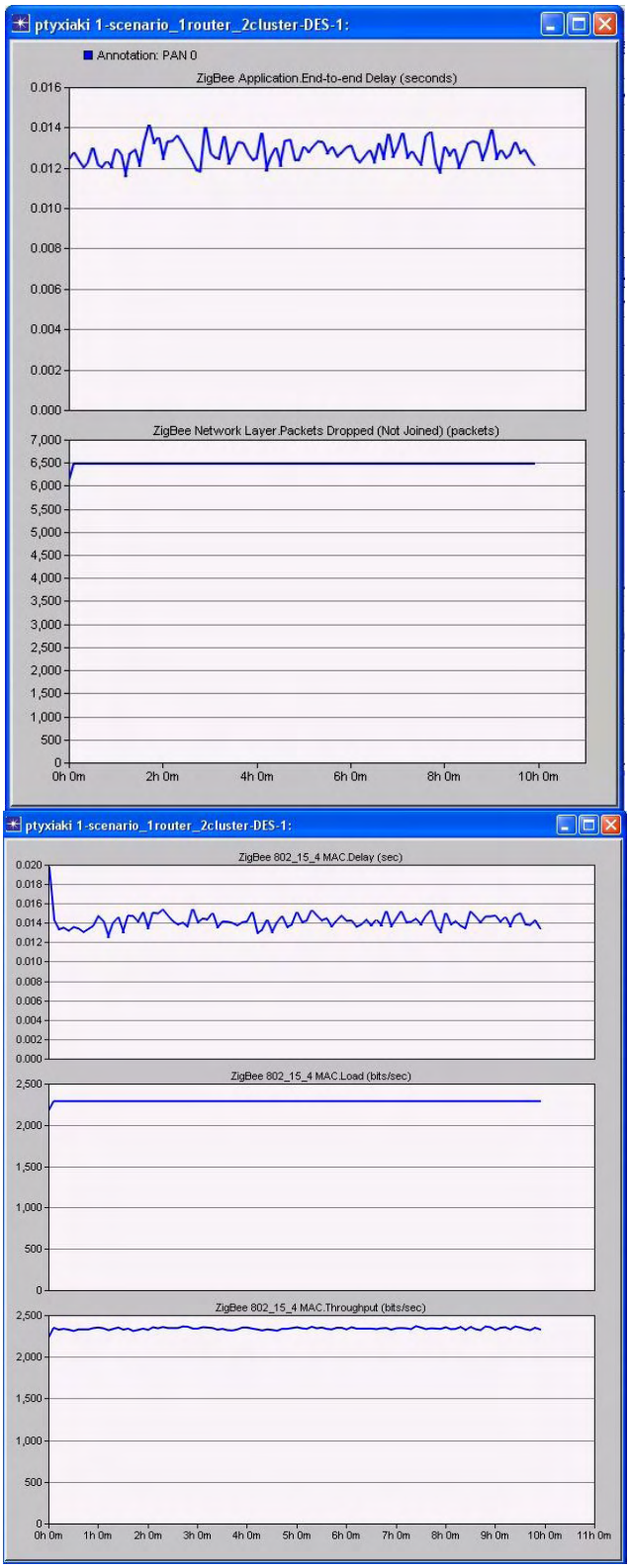
Details Promote OK Cancel

Εικόνα 31-Ρυθμίσεις συσκευών 4ο σενάριο

ΣΧΟΛΙΟ

Η τοπολογία αλλάζει σε αυτό το σενάριο προσπαθώντας να ληφθούν πιο επιθυμητά αποτελέσματα. Δοκιμάζεται η τοπολογία συστάδας με 2 ηγετικούς κόμβους να μοιράζουν τα δεδομένα σε 1 δρομολογητή. Παρόλο που επιτυγχάνεται η σημαντική μείωση του φόρτου του δικτύου σημειώνεται και μείωση της παροχέτευσης. Οι 2 ηγετικοί κόμβοι που στέλνουν τα δεδομένα στο δρομολογητή δεν καταφέρνουν να πετύχουν μεγάλο μέσο όρο επιτυχώς παραδοθέντων μηνυμάτων.

Γραφήματα Αποτελεσμάτων



Εικόνα 32-Αποτέλεσματα 4ο σενάριο

4.5 **Σενάριο 5**

Εικόνα 33-Τοποθέτηση συσκευών 5ο σενάριο

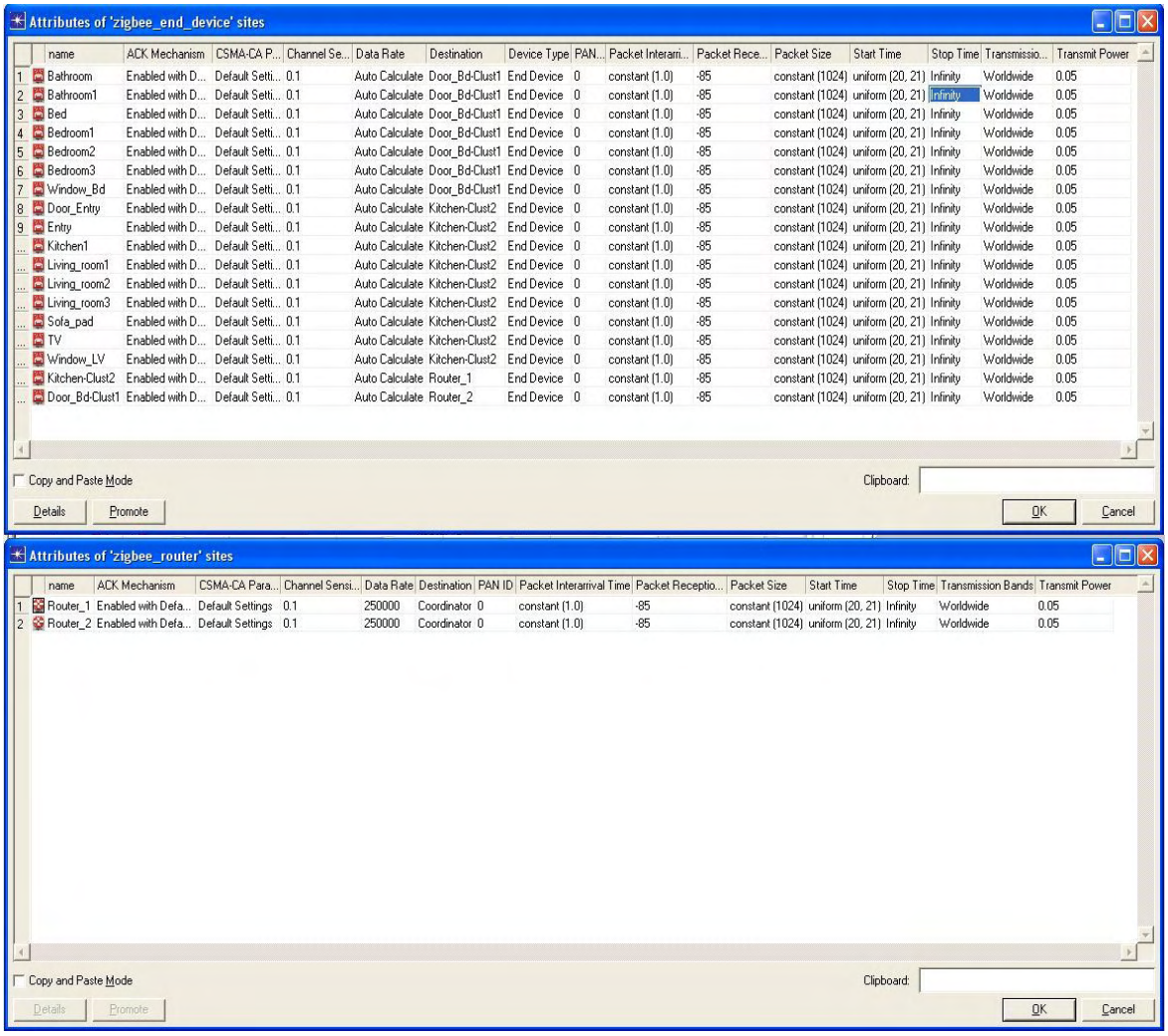
Σε αυτό το σενάριο το δίκτυο δημιουργείται με 2 δρομολογητές και 2 ηγετικές τερματικές συσκευές.

Το Σενάριο περιέχει:

- 18 Τερματικές Συσκευές
- 2 Δρομολογητές
- 1 Συντονιστή
- 2 Ηγετικές Τερματικές συσκευές

Εδώ η οι ηγετικές συσκευές που δέχονται τα δεδομένα από τις υπόλοιπες τα στέλνουν η κάθε μία σε διαφορετικό δρομολογητή και αυτοί με την σειρά τους στο Συντονιστή.

Ρυθμίσεις δρομολόγησης τερματικών συσκευών και δρομολογητών



Attributes of 'zigbee_end_device' sites

	name	ACK Mechanism	CSMA-CA P...	Channel Se...	Data Rate	Destination	Device Type	PAN...	Packet Interarri...	Packet Rece...	Packet Size	Start Time	Stop Time	Transmissio...	Transmit Power
1	Bathroom	Enabled with D...	Default Setti...	0.1	Auto Calculate	Door_Bd-Clust1	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
2	Bathroom1	Enabled with D...	Default Setti...	0.1	Auto Calculate	Door_Bd-Clust1	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
3	Bed	Enabled with D...	Default Setti...	0.1	Auto Calculate	Door_Bd-Clust1	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
4	Bedroom1	Enabled with D...	Default Setti...	0.1	Auto Calculate	Door_Bd-Clust1	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
5	Bedroom2	Enabled with D...	Default Setti...	0.1	Auto Calculate	Door_Bd-Clust1	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
6	Bedroom3	Enabled with D...	Default Setti...	0.1	Auto Calculate	Door_Bd-Clust1	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
7	Window_Bd	Enabled with D...	Default Setti...	0.1	Auto Calculate	Door_Bd-Clust1	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
8	Door_Entry	Enabled with D...	Default Setti...	0.1	Auto Calculate	Kitchen-Clust2	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
9	Entry	Enabled with D...	Default Setti...	0.1	Auto Calculate	Kitchen-Clust2	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Kitchen1	Enabled with D...	Default Setti...	0.1	Auto Calculate	Kitchen-Clust2	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Living_room1	Enabled with D...	Default Setti...	0.1	Auto Calculate	Kitchen-Clust2	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Living_room2	Enabled with D...	Default Setti...	0.1	Auto Calculate	Kitchen-Clust2	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Living_room3	Enabled with D...	Default Setti...	0.1	Auto Calculate	Kitchen-Clust2	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Sofa_pad	Enabled with D...	Default Setti...	0.1	Auto Calculate	Kitchen-Clust2	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	TV	Enabled with D...	Default Setti...	0.1	Auto Calculate	Kitchen-Clust2	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Window_LV	Enabled with D...	Default Setti...	0.1	Auto Calculate	Kitchen-Clust2	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Kitchen-Clust2	Enabled with D...	Default Setti...	0.1	Auto Calculate	Router_1	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
...	Door_Bd-Clust1	Enabled with D...	Default Setti...	0.1	Auto Calculate	Router_2	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05

Copy and Paste Mode Clipboard:

Details Promote OK Cancel

Attributes of 'zigbee_router' sites

	name	ACK Mechanism	CSMA-CA Para...	Channel Sensi...	Data Rate	Destination	PAN ID	Packet Interarrival Time	Packet Receptio...	Packet Size	Start Time	Stop Time	Transmission Bands	Transmit Power
1	Router_1	Enabled with Defa...	Default Settings	0.1	250000	Coordinator	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
2	Router_2	Enabled with Defa...	Default Settings	0.1	250000	Coordinator	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05

Copy and Paste Mode Clipboard:

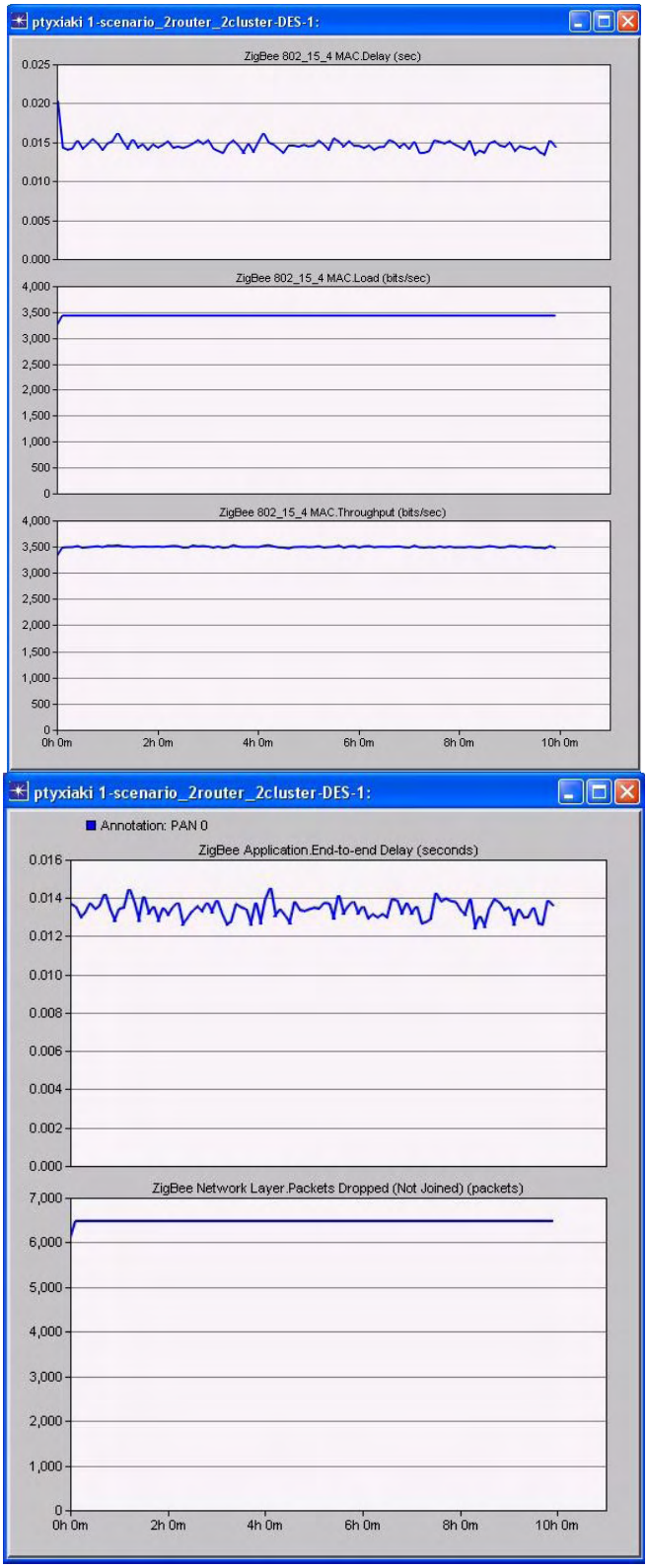
Details Promote OK Cancel

Εικόνα 34-Ρυθμίσεις συσκευών 5ο σενάριο

ΣΧΟΛΙΟ

Στο παρόν σενάριο τοποθετείται ένας επιπλέον δρομολογητής για να στέλνουν οι ηγετικές τερματικές συσκευές ξεχωριστά τα μηνύματα τους. Οι ηγέτες θα μπορούν πλέον ευκολότερα να στέλνουν τα συγκεντρωμένα δεδομένα χωρίς να αντιμετωπίζουν προβλήματα, αφού ο καθένας επικοινωνεί με ξεχωριστό δρομολογητή.

Γραφήματα αποτελεσμάτων



Εικόνα 35-Αποτέλεσματα 5ο σενάριο

4.6 **Σενάριο 6**

Εικόνα 36-Τοποθέτηση συσκευών 6ο σενάριο

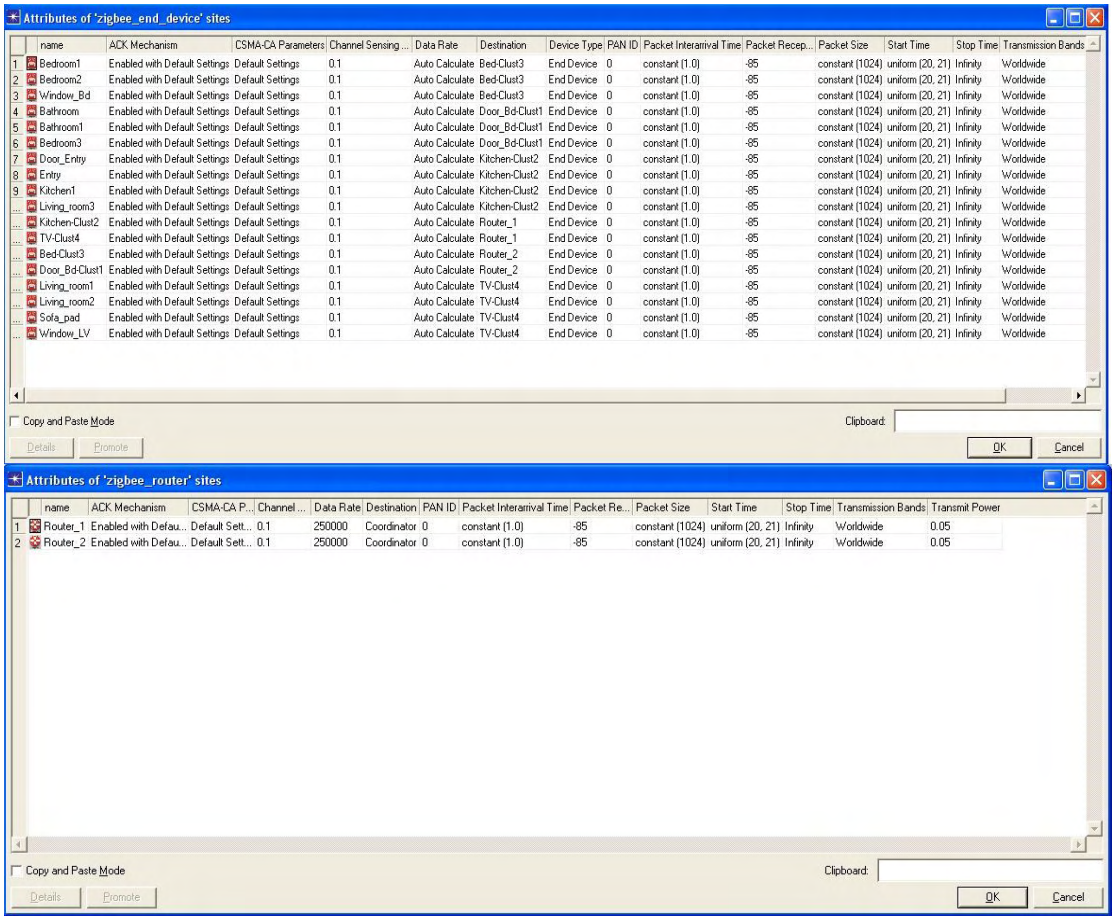
Στο σενάριο αυτό διατηρείται η τοπολογία των δυο Δρομολογητών και ο αριθμός των Ηγετικών Τερματικών Κόμβων αυξάνεται σε 4.

Τα περιεχόμενα του σεναρίου είναι:

- 18 Τερματικές Συσκευές
- 2 Δρομολογητές
- 1 Συντονιστής
- 4 Ηγετικές Τερματικές Συσκευές

Οι 4 Ηγετικοί κόμβοι που δέχονται τα πακέτα από τους υπόλοιπους τα προωθούν σε 2 δρομολογητές και αυτοί στον Συντονιστή.

Ρυθμίσεις δρομολόγησης τερματικών συσκευών και δρομολογητών



Attributes of 'zigbee_end_device' sites

	name	ACK Mechanism	CSMA-CA Parameters	Channel Sensing ...	Data Rate	Destination	Device Type	PAN ID	Packet Interarrival Time	Packet Recep...	Packet Size	Start Time	Stop Time	Transmission Bands
1	Bedroom1	Enabled with Default Settings	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Bed-Clust3	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide
2	Bedroom2	Enabled with Default Settings	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Bed-Clust3	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide
3	Window_Bd	Enabled with Default Settings	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Bed-Clust3	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide
4	Bathroom	Enabled with Default Settings	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Door_Bd-Clust1	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide
5	Bathroom1	Enabled with Default Settings	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Door_Bd-Clust1	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide
6	Bedroom3	Enabled with Default Settings	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Door_Bd-Clust1	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide
7	Door_Entry	Enabled with Default Settings	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Kitchen-Clust2	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide
8	Entry	Enabled with Default Settings	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Kitchen-Clust2	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide
9	Kitchen1	Enabled with Default Settings	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Kitchen-Clust2	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide
...	Living_room3	Enabled with Default Settings	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Kitchen-Clust2	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide
...	Kitchen-Clust2	Enabled with Default Settings	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Router_1	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide
...	TV-Clust4	Enabled with Default Settings	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Router_1	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide
...	Bed-Clust3	Enabled with Default Settings	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Router_2	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide
...	Door_Bd-Clust1	Enabled with Default Settings	Default Settings	0.1	Auto Calculate	Router_2	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide
...	Living_room1	Enabled with Default Settings	Default Settings	0.1	Auto Calculate	TV-Clust4	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide
...	Living_room2	Enabled with Default Settings	Default Settings	0.1	Auto Calculate	TV-Clust4	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide
...	Sofa_pad	Enabled with Default Settings	Default Settings	0.1	Auto Calculate	TV-Clust4	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide
...	Window_LV	Enabled with Default Settings	Default Settings	0.1	Auto Calculate	TV-Clust4	End Device	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide

Copy and Paste Mode Clipboard: Details Promote OK Cancel

Attributes of 'zigbee_router' sites

	name	ACK Mechanism	CSMA-CA P...	Channel ...	Data Rate	Destination	PAN ID	Packet Interarrival Time	Packet Re...	Packet Size	Start Time	Stop Time	Transmission Bands	Transmit Power
1	Router_1	Enabled with Defau...	Default Sett...	0.1	250000	Coordinator	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05
2	Router_2	Enabled with Defau...	Default Sett...	0.1	250000	Coordinator	0	constant (1.0)	-85	constant (1024)	uniform (20, 21)	Infinity	Worldwide	0.05

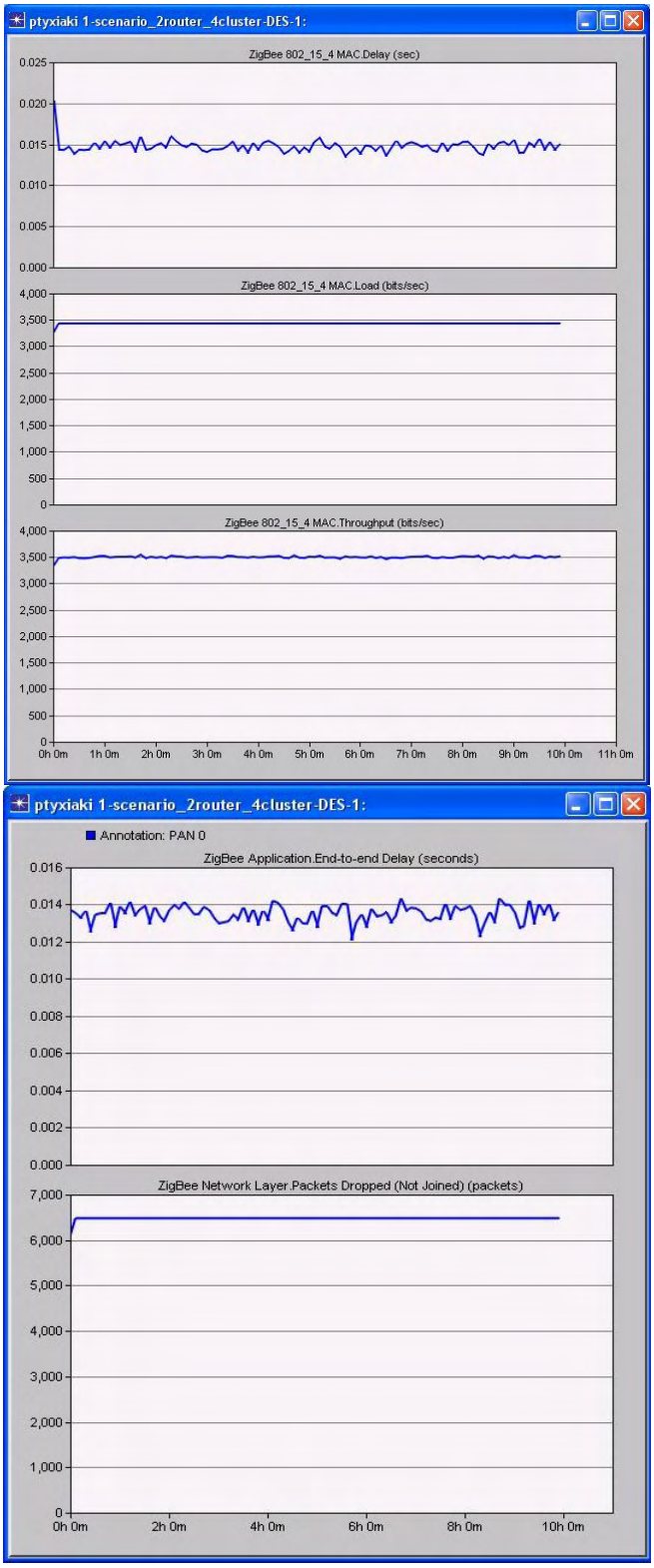
Copy and Paste Mode Clipboard: Details Promote OK Cancel

Εικόνα 37-Ρυθμίσεις συσκευών 6ο σενάριο

ΣΧΟΛΙΟ

Τέλος σε αυτό το σενάριο η πληροφορία διαμοιράζεται σε ακόμα 2 ηγετικές τερματικές συσκευές. Τα αποτελέσματα δεν δείχνουν ιδιαίτερη απόκλιση από το προηγούμενο δίκτυο. Δοκιμάζεται όμως και αυτό καθώς ο διαμοιρασμός των δεδομένων γίνεται καλύτερα και έτσι προλαμβάνονται τυχόν μεγάλες απώλειες σε περίπτωση αποτυχίας κάποιου από του ηγετικούς κόμβους, αφού ο καθένας μεταφέρει λιγότερα δεδομένα. Το δίκτυο είναι πιο ευέλικτο και εξελίξιμο σε περίπτωση που θα χρειαστεί αργότερα να προστεθούν επιπλέον κόμβοι.

Γραφήματα Αποτελεσμάτων



Εικόνα 38-Αποτέλεσματα 6ο σενάριο

4.7 **Σενάριο 7(Κινητός κόμβος)**

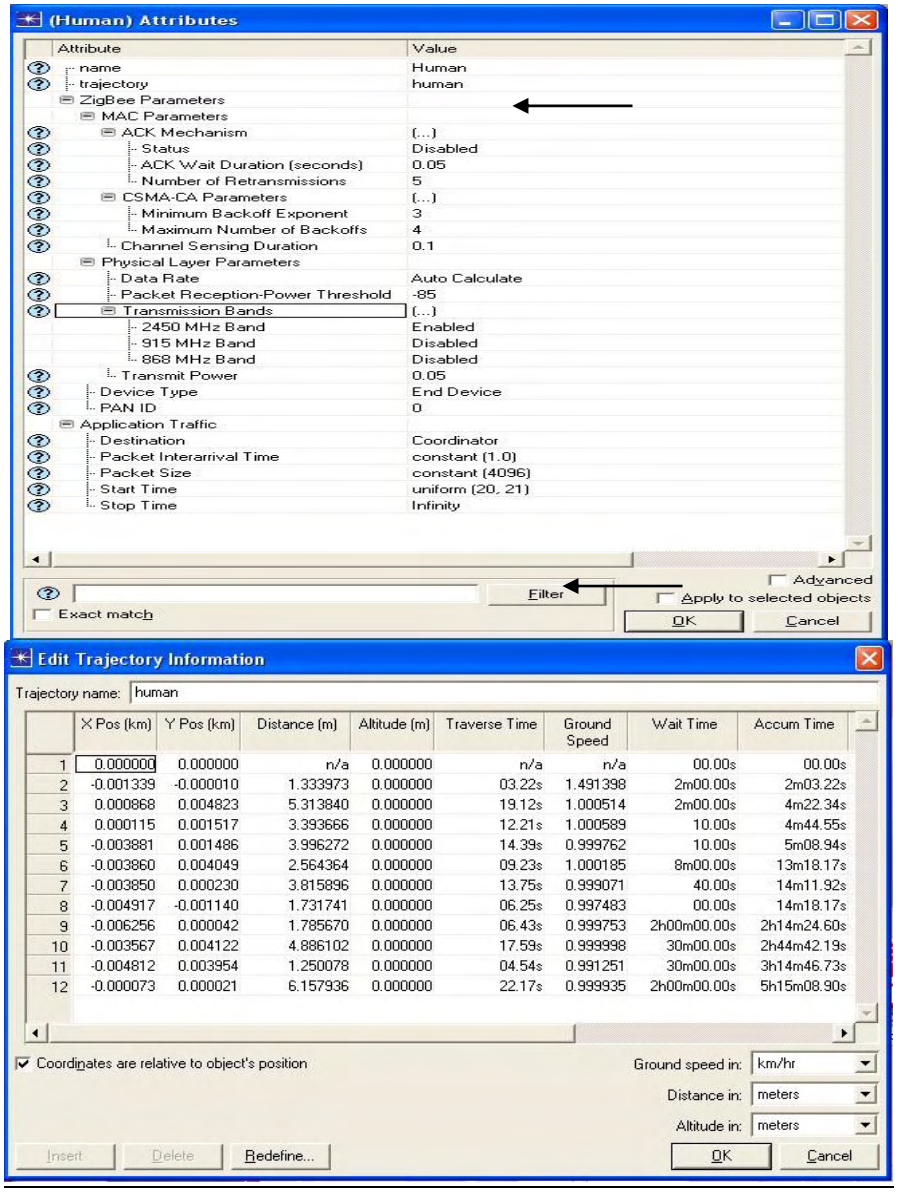
Εικόνα 39-Τοποθέτηση συσκευών 7ο σενάριο

Σε αυτό το σενάριο προστίθεται ένας κινητός κόμβος με τροχιά σε όλο το δωμάτιο. Ο κόμβος αυτός στέλνει τα δεδομένα απευθείας στον Συντονιστή.

Το σενάριο περιέχει:

- 18 Τερματικές Συσκευές
- 2 Δρομολογητές
- 1 Συντονιστή
- 4 Ηγετικές Συσκευές
- 1 Κινητή Συσκευή

Η δρομολόγηση των σταθερών τερματικών συσκευών παραμένει η ίδια. Η δρομολόγηση για την κινητή τερματική συσκευή καθώς και η τροχιά είναι η παρακάτω:



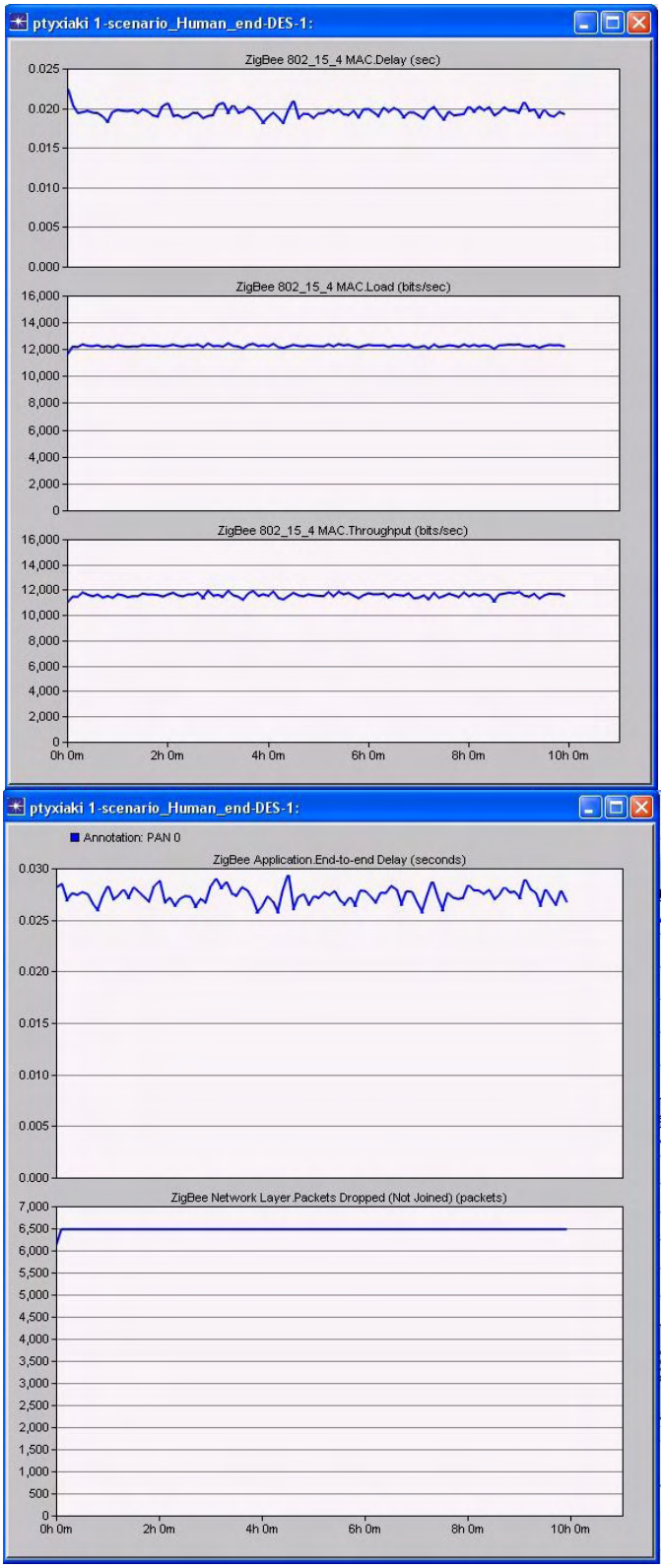
Εικόνα 40-Χαρακτηριστικά και τροχιά κινητού κόμβου

ΣΧΟΛΙΟ

Εδώ εξετάζεται η περίπτωση να υπάρχει ένας κινητός κόμβος στο δίκτυο. Η τροχιά του προσπαθεί να προσομοιώσει την απλή καθημερινή κίνηση ενός ανθρώπου μέσα στο χώρο. Από το κρεβάτι στο μπάνιο από εκεί στην κουζίνα, στο καθιστικό, ξανά στην κουζίνα και τέλος στο κρεβάτι.

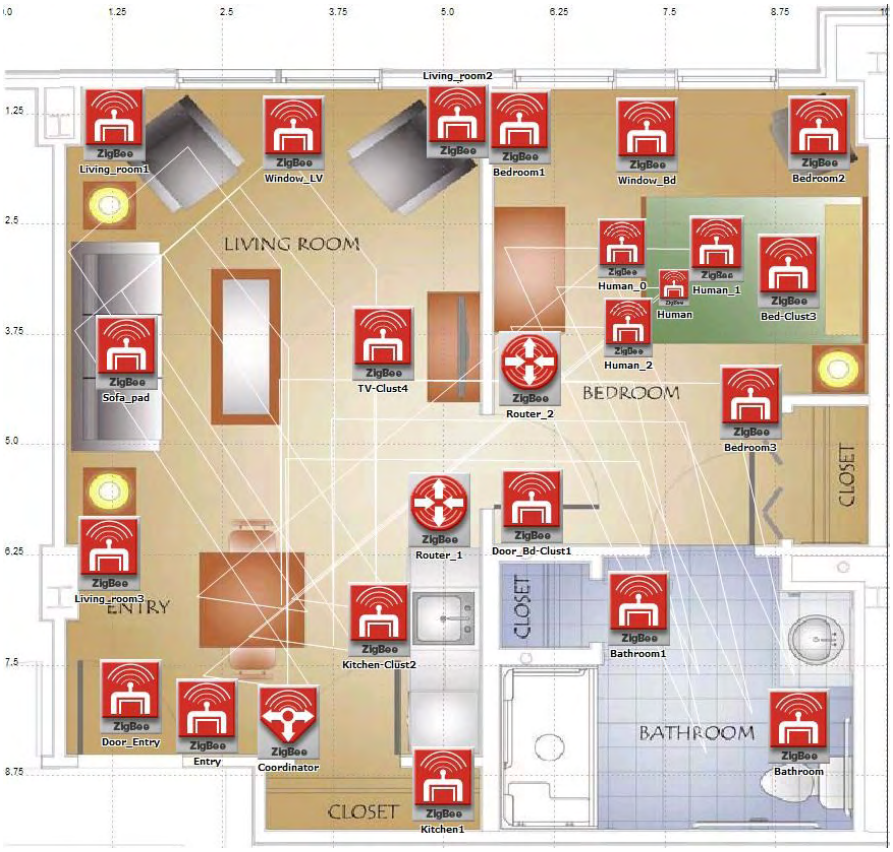
Ο κόμβος μεταδίδει απευθείας τα δεδομένα στον συντονιστή καθώς πρόκειται για προσομοίωση συσκευής που κάνει βιομετρήσεις και είναι απαραίτητο να μην έχει καθυστέρηση και να μην υπάρχουν ελλιπή δεδομένα σε περίπτωση απώλειας του δρομολογητή ή της ηγετικής τερματικής συσκευής.

Γραφήματα Αποτελεσμάτων



Εικόνα 41-**Αποτέλεσματα 7ο σενάριο**

4.8 **Σενάριο 8 (Κινητός κόμβος)**



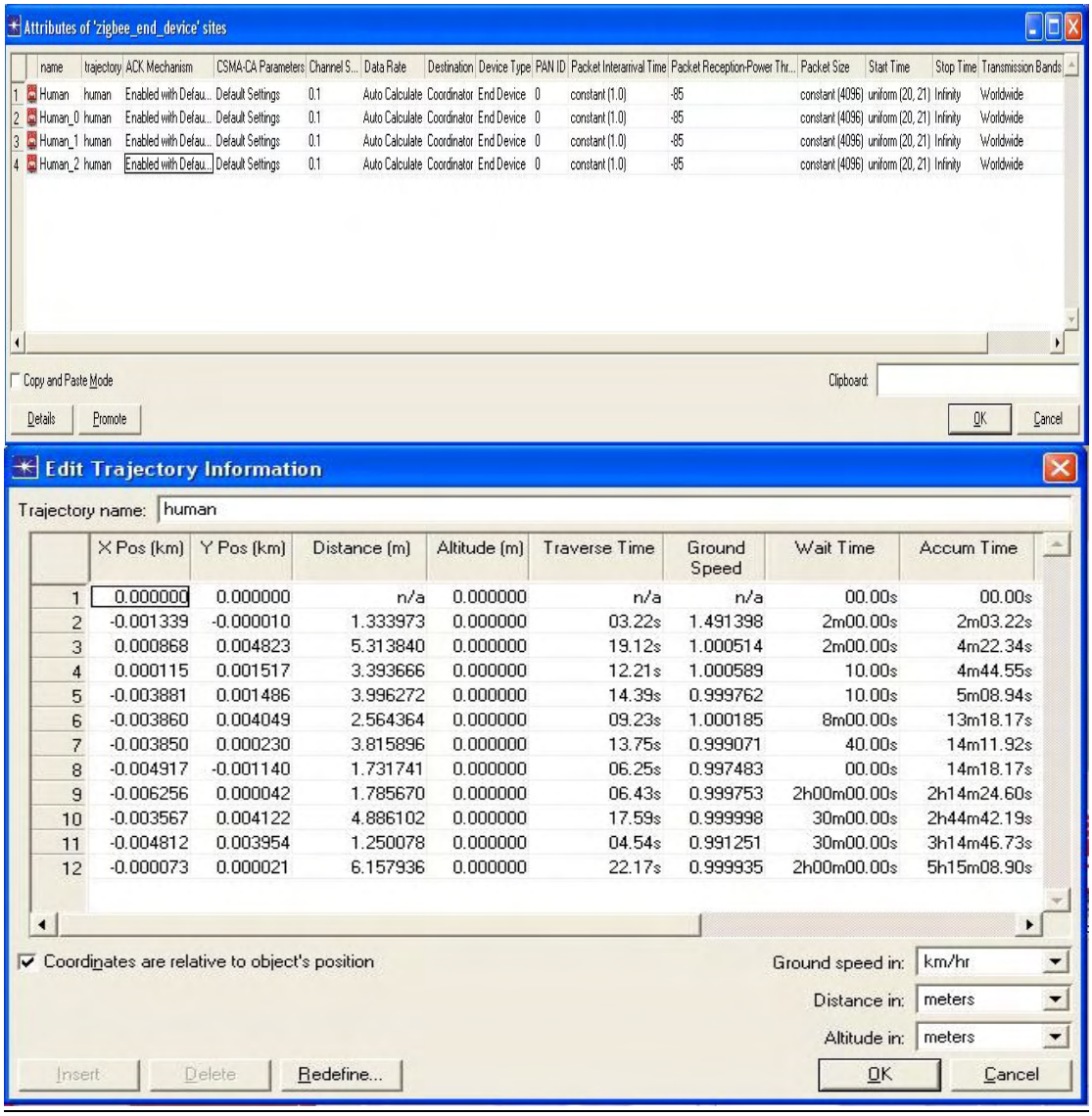
Εικόνα 42-Τοποθέτηση συσκευών 8ο σενάριο

Αναπτύσσεται το προηγούμενο σενάριο με 3 επιπλέον κινητούς κόμβους με την ίδια τροχιά προσομοιώνοντας έτσι τους αισθητήρες που θα καλύπτουν τις βιολογικές μετρήσεις του ανθρώπου.

Το σενάριο περιέχει:

- 18 Τερματικές Συσκευές
- 2 Δρομολογητές
- 1 Συντονιστή
- 4 Ηγετικές Συσκευές
- 4 κινητές Συσκευές

Οι σταθερές τερματικές συσκευές εξακολουθούν να έχουν την ίδια δρομολόγηση οι 4 κινητές συσκευές έχουν την παρακάτω:

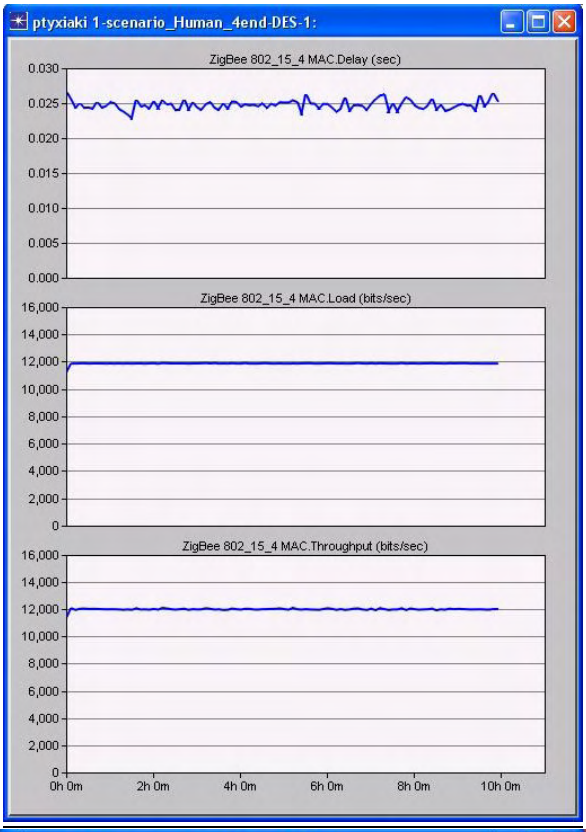


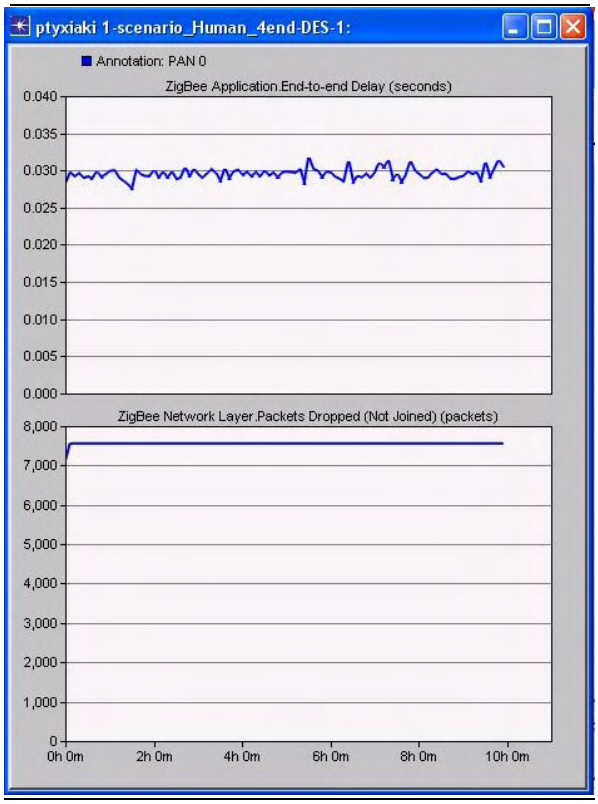
Εικόνα 43-Χαρακτηριστικά και τροχιά κινητών τερματικών συσκευών

ΣΧΟΛΙΟ

Αφού εξετάστηκε πώς αντιδρά το δίκτυο σε μια κινητή τερματική συσκευή, που επικοινωνεί απευθείας στο συντονιστή, επιχειρείται να βελτιωθεί το πείραμα με σκοπό να υπάρξουν καλύτερα αποτελέσματα σε φόρτο και καθυστέρηση σε περίπτωση που εφαρμοστεί μεγαλύτερη πολυπλοκότητα επικοινωνίας δικτύου αισθητήρων. Έτσι τοποθετούνται άλλες 3 τερματικές συσκευές με τον ίδιο σκοπό και την ίδια τροχιά για να εξεταστεί η χωρητικότητα του δικτύου και πως αλλάζουν τα αποτελέσματα. Οι συσκευές αυτές μπορεί να είναι τοποθετημένες σε κάποιο γιλέκο που θα φοράει το άτομο και θα παίρνουν συνεχώς μετρήσεις.

Γραφήματα Αποτελεσμάτων



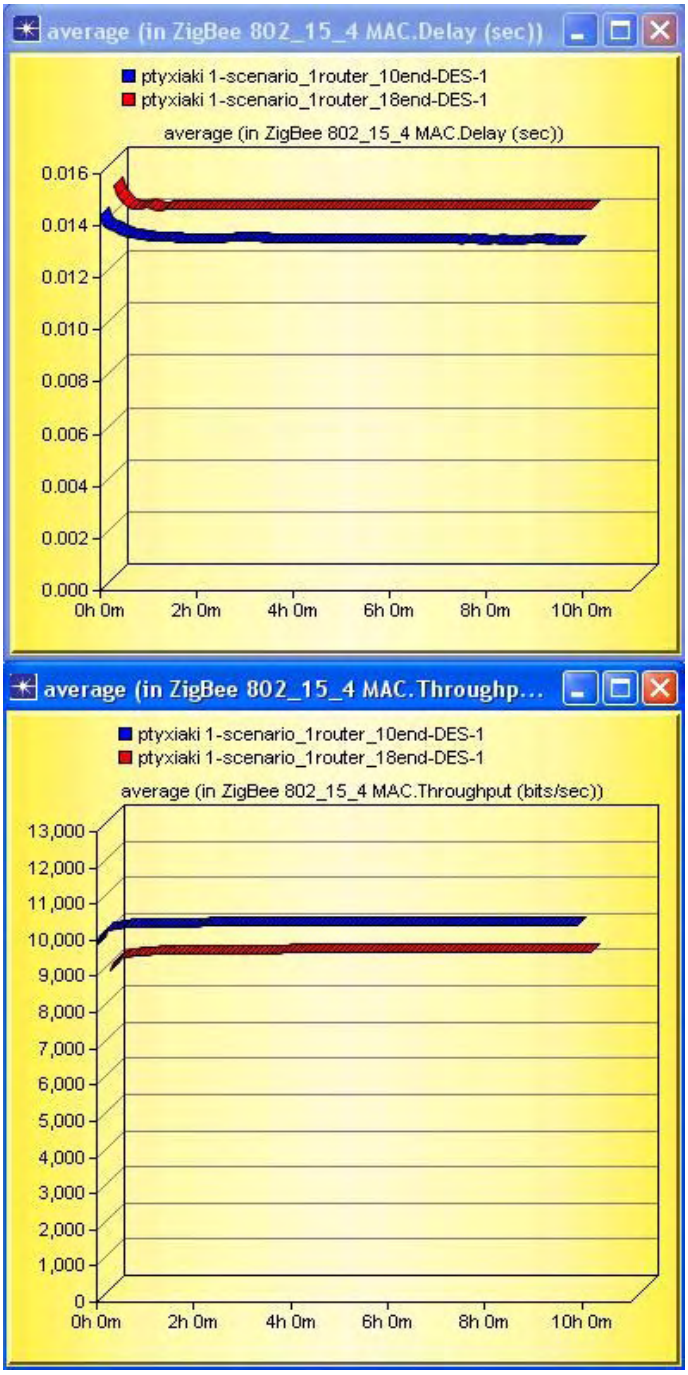


Εικόνα 44-Αποτελέσματα 8ο σενάριο

4.9 **Μέσος Όρος Αποτελεσμάτων**

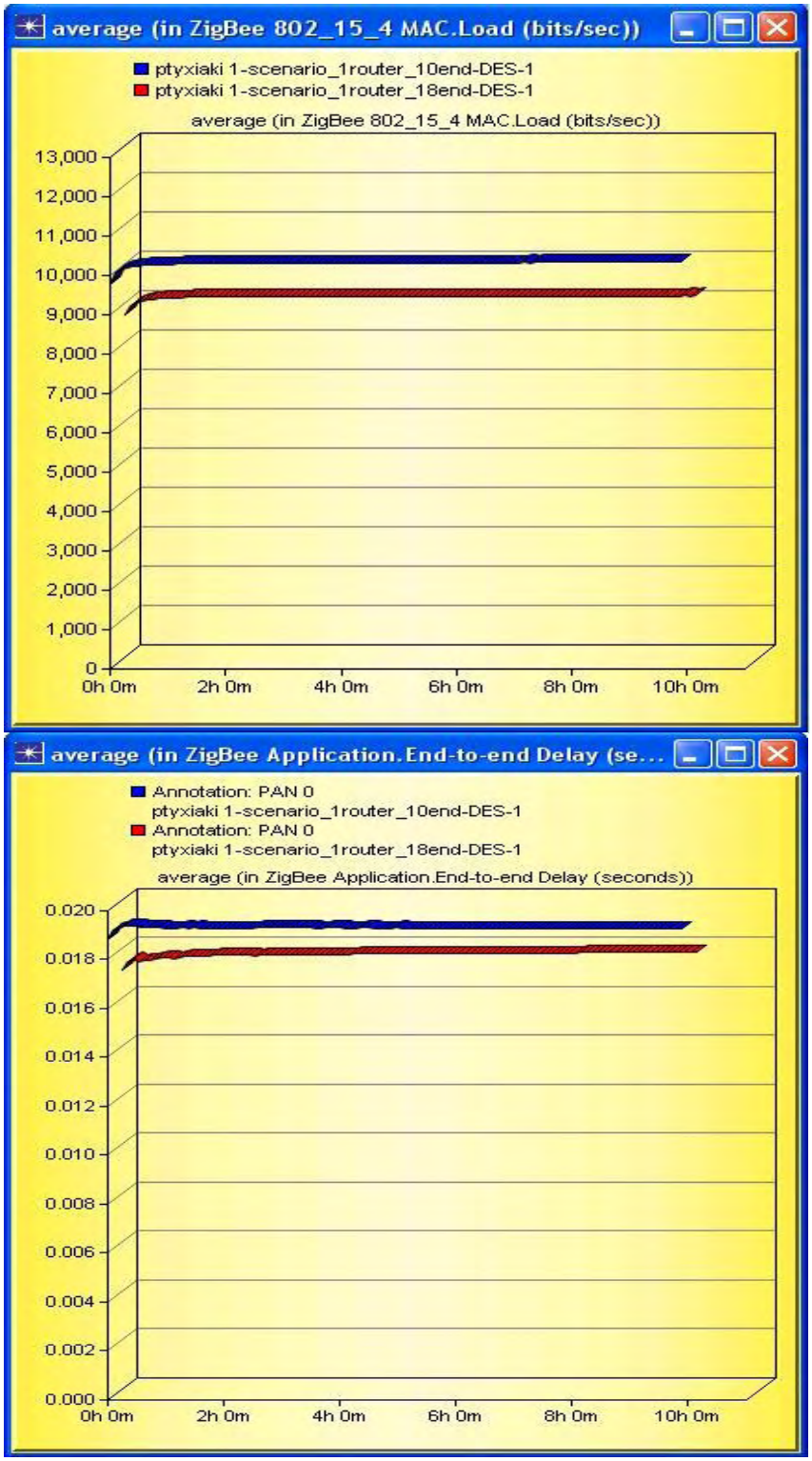
Σε πρώτη φάση αντιπαραβάλλονται τα αποτελέσματα του πιο απλού σεναρίου με 10 τερματικές συσκευές με τον πιο σύνθετο με τις 18 τερματικές

Delay **και** Throughput

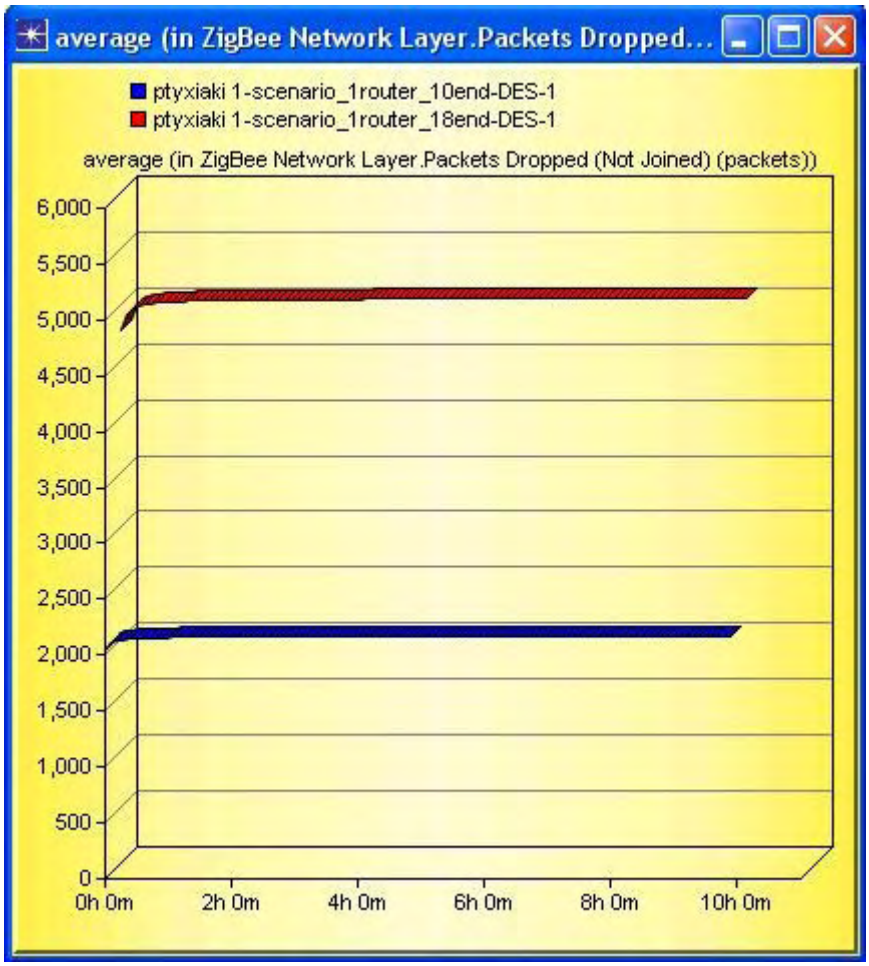


Εικόνα 45-**Σύγκριση 1ου - 2ου σεναρίου(1)**

Load και End to End Delay



Εικόνα 46-Σύγκριση 1ου - 2ου σεναρίου(2)

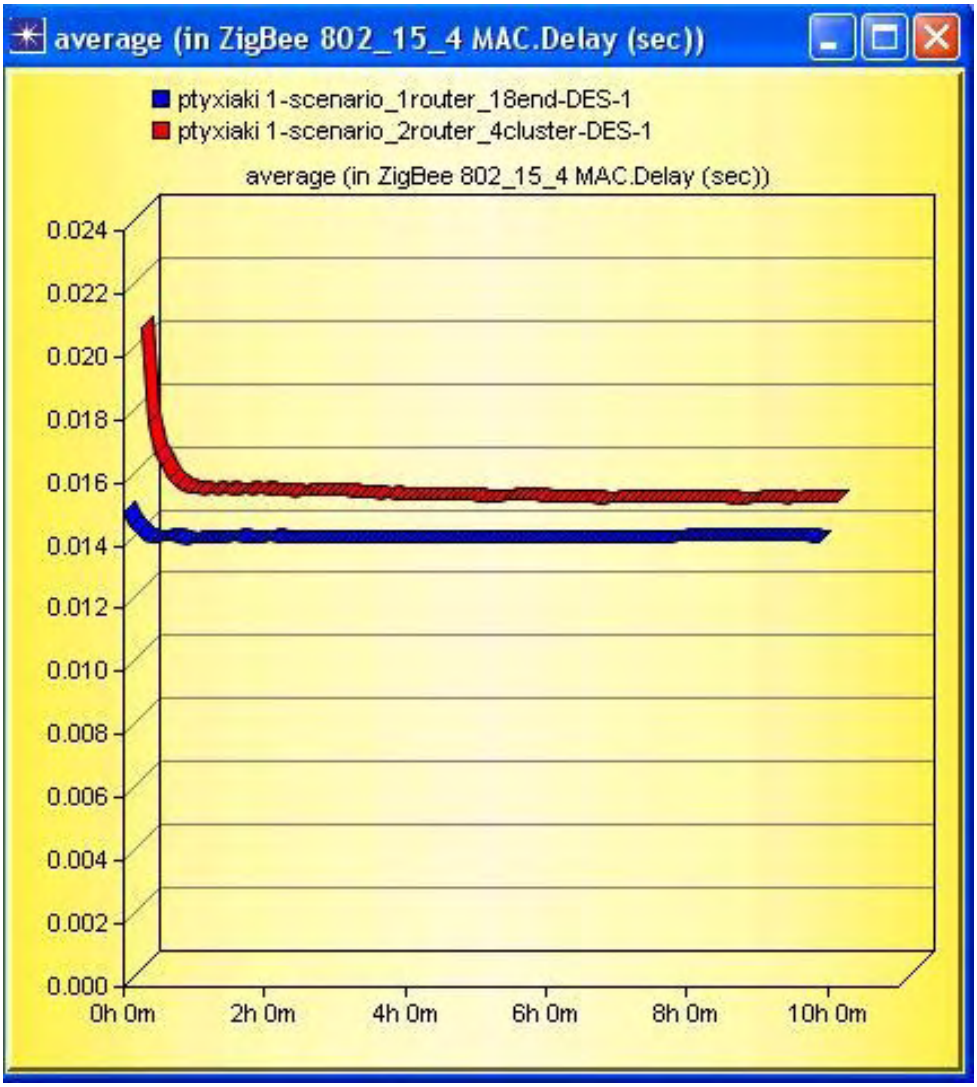


Εικόνα 47-**Σύγκριση 1ου - 2ου σεναρίου(3)**

Η απώλεια πακέτων αυξάνεται σημαντικά καθώς οι συσκευές είναι σχεδόν διπλάσιες οπότε και ο μέσος όρος των πακέτων που χάνονται είναι ανάλογος

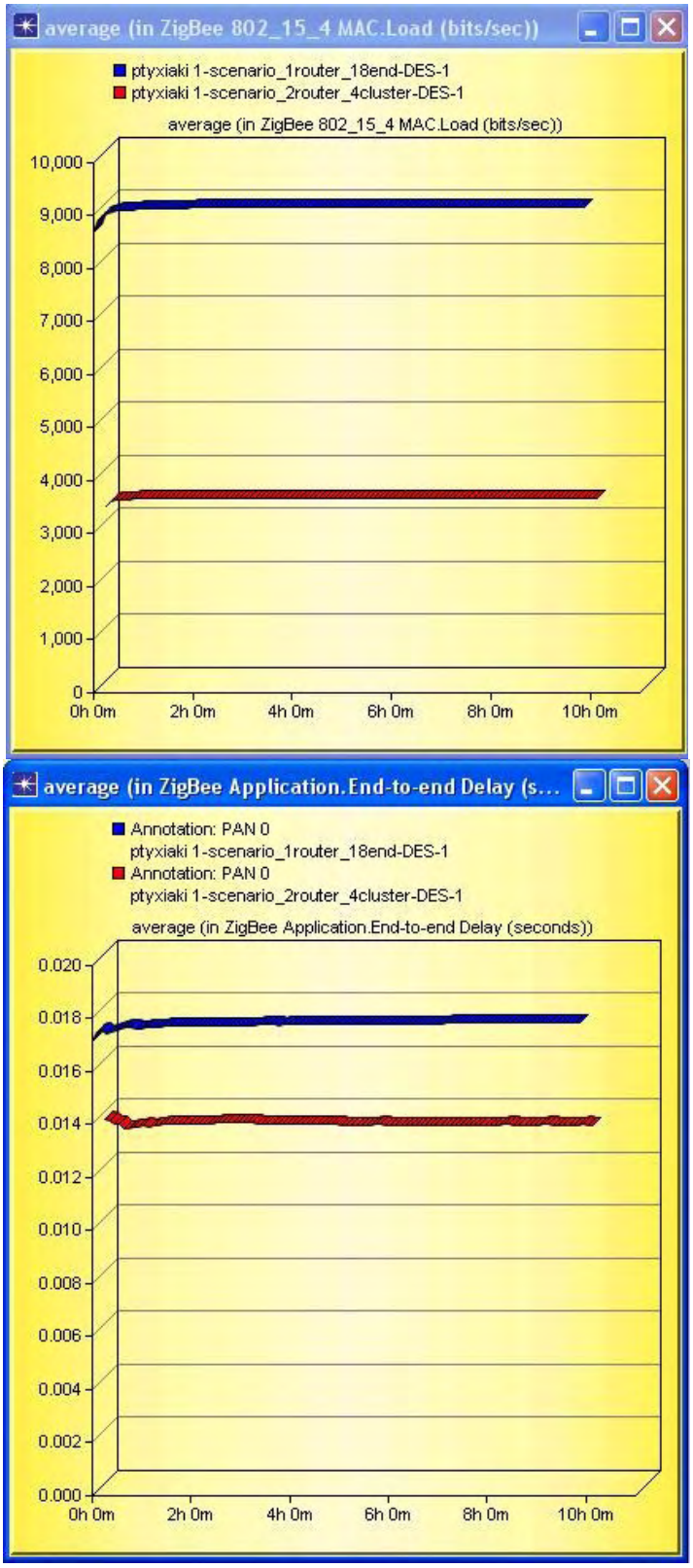
Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι διαφορές όταν η τοπολογία αλλάξει σύμφωνα με το επικρατέστερο σενάριο που ήταν το 6° και είχε σαν τοπολογία 2 δρομολογητές και 4 ηγετικές τερματικές συσκευές.

Delay



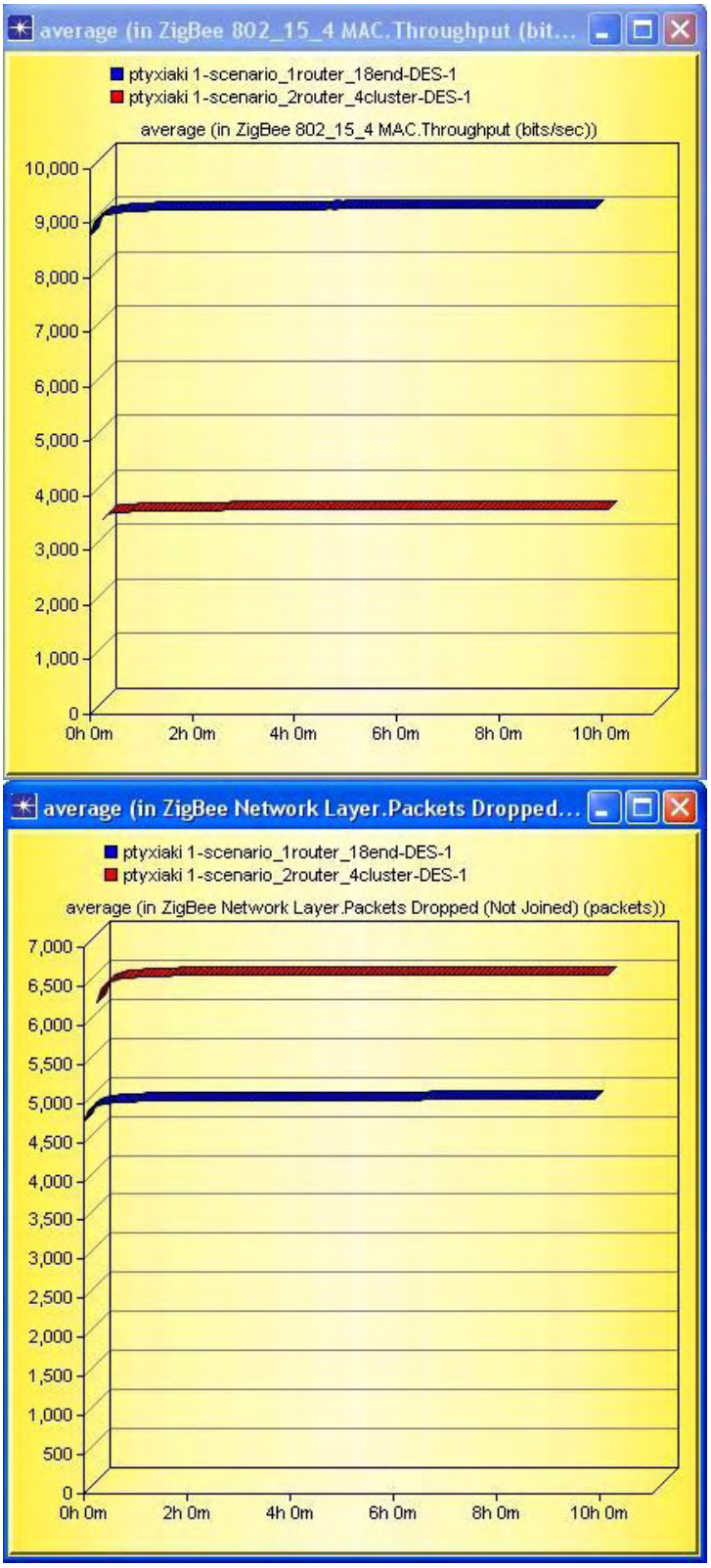
Εικόνα 48-**Σύγκριση 2ου -6ου σεναρίου(1)**

Load **και** End to End delay



Εικόνα 49-**Σύγκριση 2ου - 6ου σεναρίου(2)**

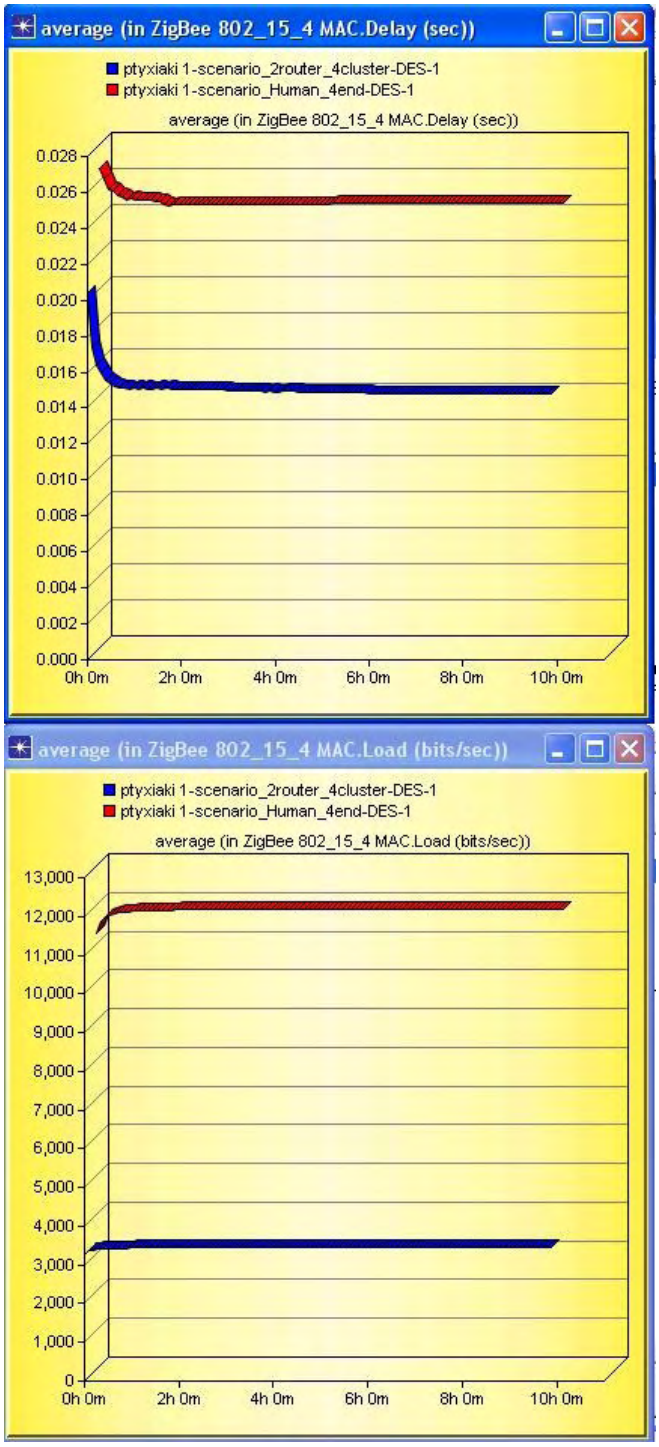
Throughput **και** Packets Dropped



Εικόνα 50-**Σύγκριση 2ου - 6ου σεναρίου(3)**

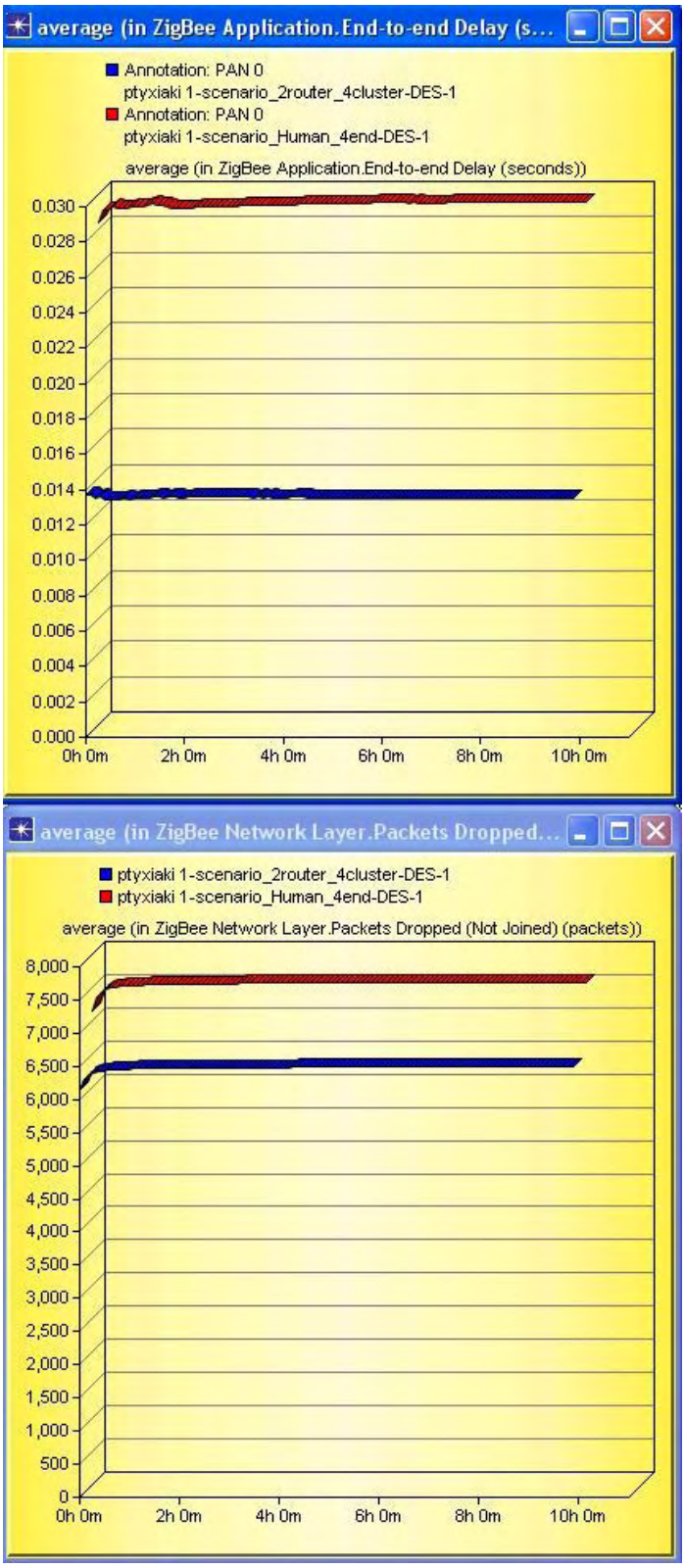
Τέλος συγκρίνεται το σενάριο που επιλέχτηκε ως επικρατέστερο με το τελευταίο και πιο ολοκληρωμένο σενάριο εκείνο με τις 4 κινητές συσκευές.

Delay **και** Load



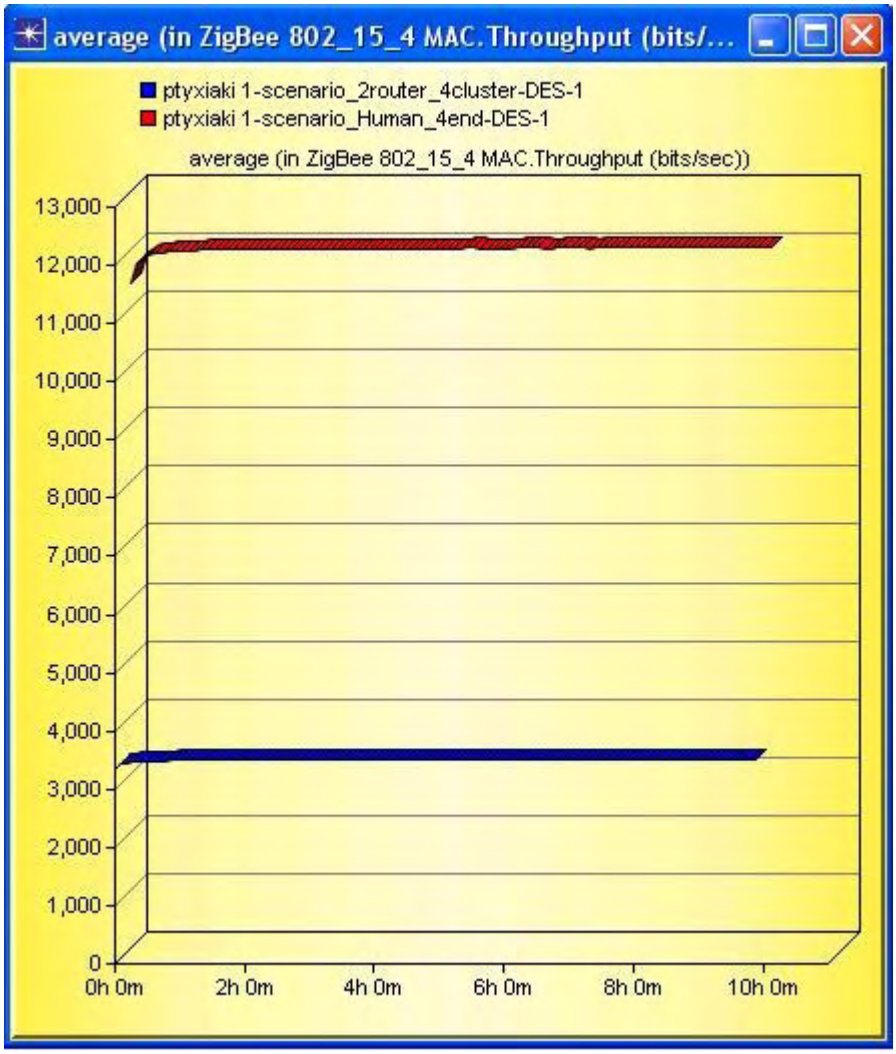
Εικόνα 51-**Σύγκριση 6ου -8ου σεναρίου(1)**

End to end Delay & Packets Dropped



Εικόνα 52-Σύγκριση 6ου - 8ου σεναρίου(2)

Throughput



Εικόνα 53-Σύγκριση 6ου - 8ου σεναρίου(3)

Σημειώνονται μεγάλες διαφορές εδώ καθώς οι 4 κινητές συσκευές αναφέρονται απευθείας στο συντονιστή για να μειωθούν οι πιθανότητες απώλειας κάποιων δεδομένων σε τυχόν αναδρομολόγηση τους και έτσι παράγουν μεγάλο φόρτο στο δίκτυο. Επίσης με αυτό τον τρόπο παρατηρείται μεγάλη καθυστέρηση. Αντίθετα επιτυγχάνεται μεγαλύτερη παροχέτευση καθώς τα δεδομένα μεταφέρονται άμεσα στο συντονιστή του δικτύου.

Μέση τιμή μέτρησης κάθε στατιστικού για κάθε σενάριο(sample mean)

	Delay (sec)	Load (bits/sec)	Throughput	End-to-End delay	Packets dropped
Σενάριο 1	0.0132944	10309	10384	0.0192375	2158
Σενάριο 2	0.0141089	9153	9260	0.0178097	5037
Σενάριο 3	0.0155749	12584	12700	0.0182437	4317
Σενάριο 4	0.0142217	2286	2338	0.0127757	6476
Σενάριο 5	0.0146216	3430	3495	0.0133803	6476
Σενάριο 6	0.0147704	3430	3497	0.0134909	6476
Σενάριο 7	0.0194839	12242	11575	0.213786	6476
Σενάριο 8	0.029732	11868	12003	0.0295364	7555

Πίνακας 6- Μέση τιμή στατιστικών του κάθε σεναρίου

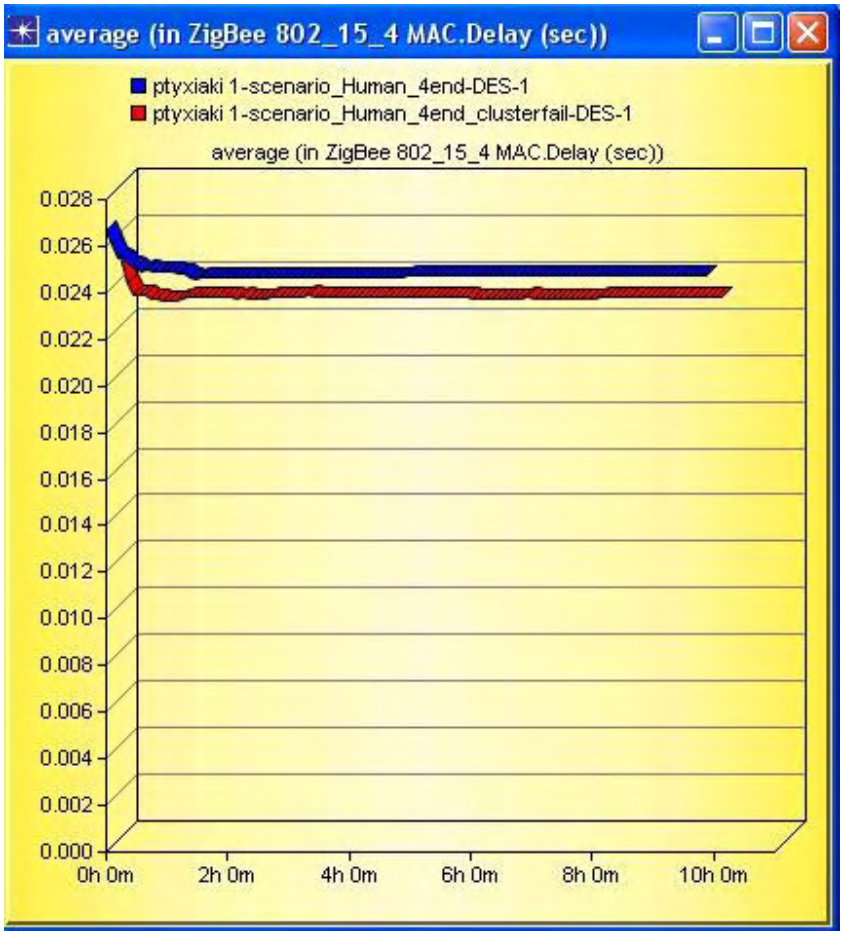
4.10 **Δυσμενείς συνθήκες**

Σε αυτό το σημείο της εργασίας θα παρουσιαστούν κάποιες περιπτώσεις όπου σημειώνεται απώλεια κάποιου σημαντικού κόμβου του δικτύου. Αυτό γίνεται για να υπάρξει μια εικόνα για το πώς μεταβάλλονται οι μετρήσεις και τι απώλειες μπορεί να παρουσιαστούν.

Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιείται το τελικό σενάριο με τις 18 σταθερές τερματικές συσκευές και τους 4 κινητούς κόμβους και εξετάζεται αρχικά η απώλεια ενός Ηγετικού Κόμβου στην συνέχεια η απώλεια ένας δρομολογητή του δικτύου και τέλος η απώλεια του σημαντικότερου κόμβου, του συντονιστή του δικτύου. Παρατίθεται λοιπόν ο μέσος όρος των μετρήσεων για κάθε περίπτωση σε σύγκριση πάντα με το σενάριο όπου όλοι οι κόμβοι λειτουργούσαν κανονικά.

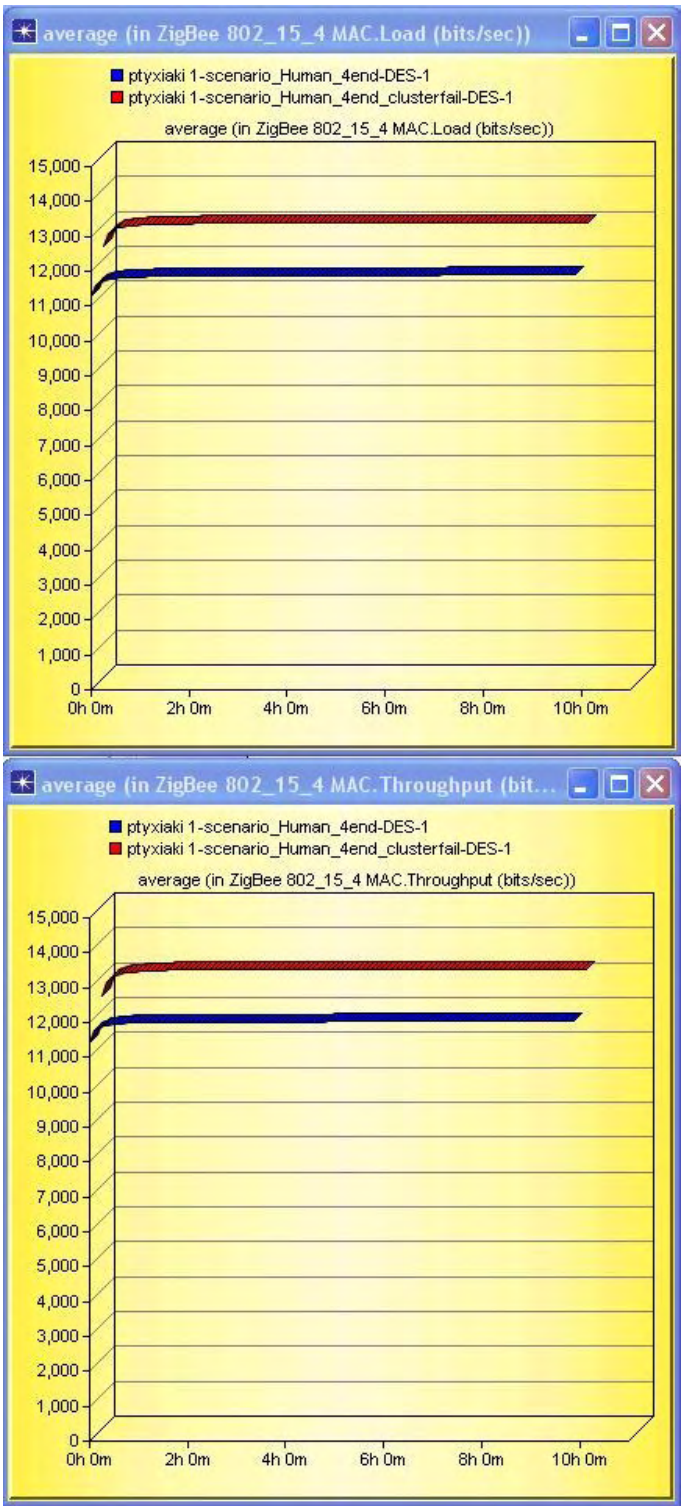
Απώλεια Ηγετικού Κόμβου

Delay



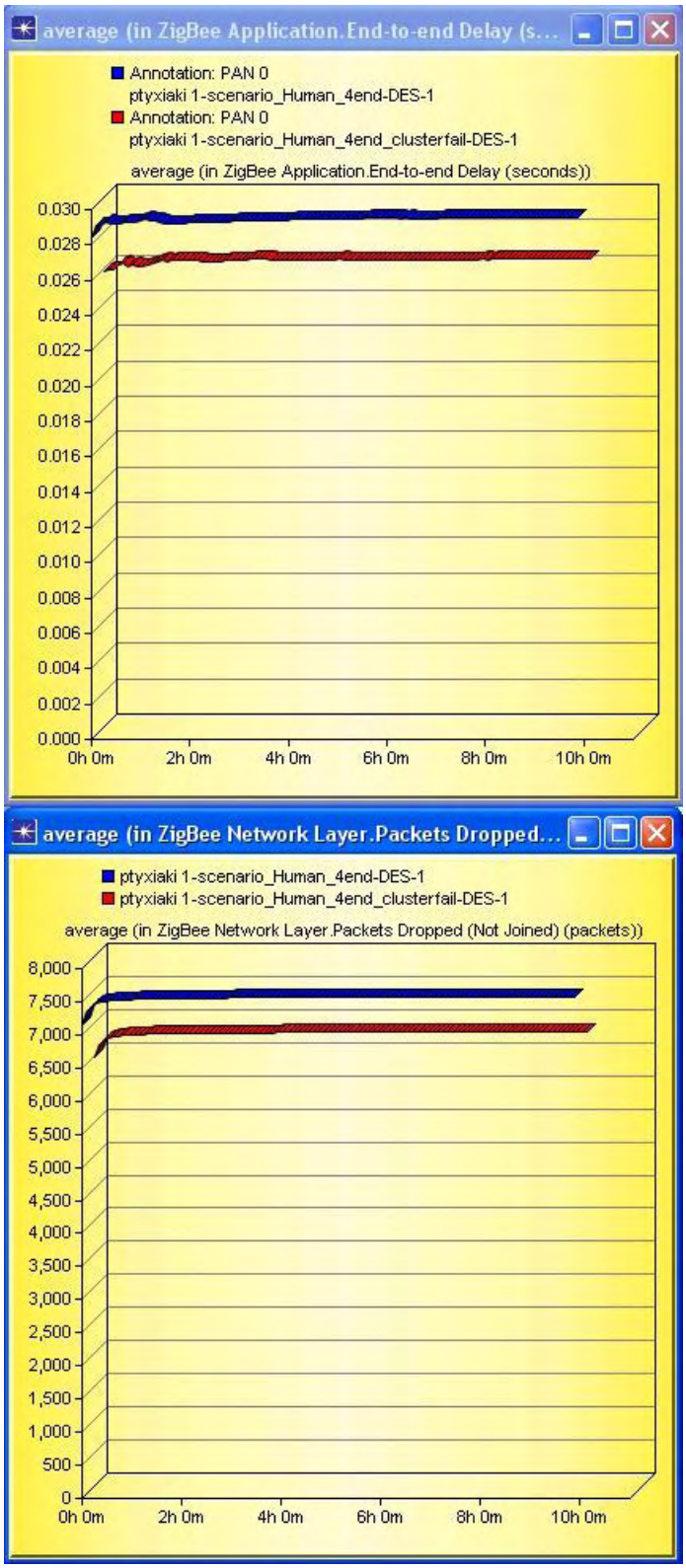
Εικόνα 54-**Απώλεια Ηγετικού Κόμβου(1)**

Load & Throughput



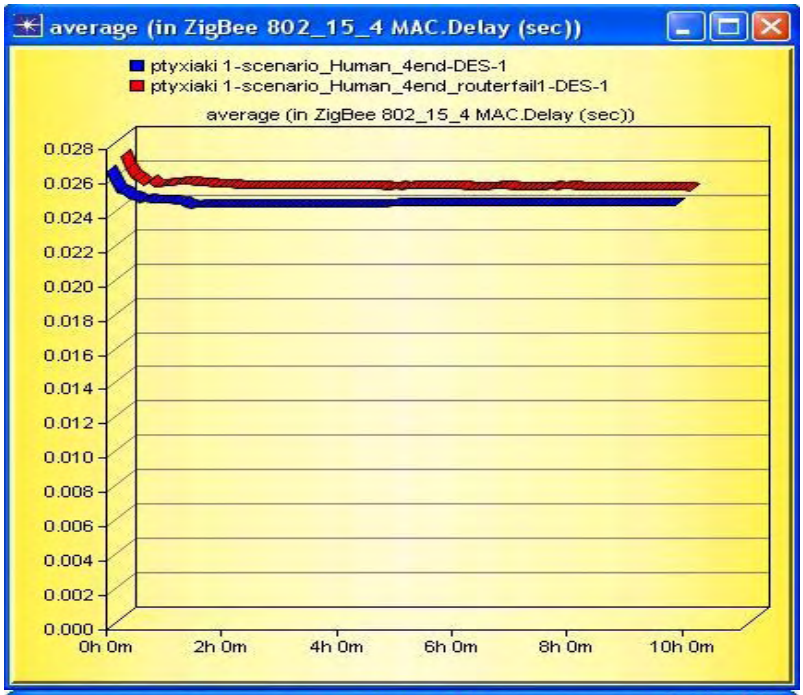
Εικόνα 55-Απώλεια Ηγετικού Κόμβου(2)

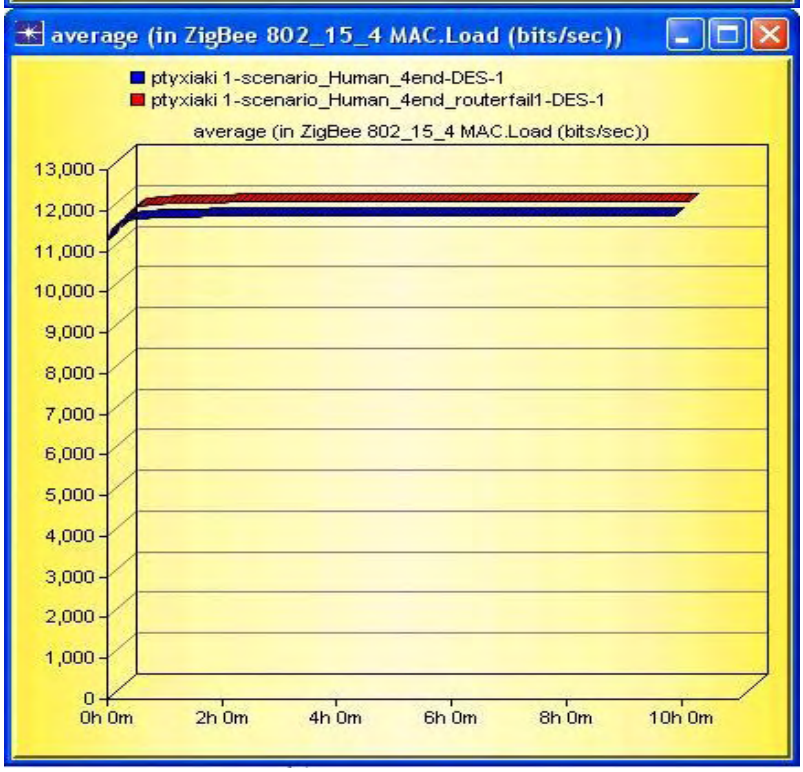
End to End Delay & Packets Dropped



Εικόνα 56-Απώλεια Ηγετικού Κόμβου(3)

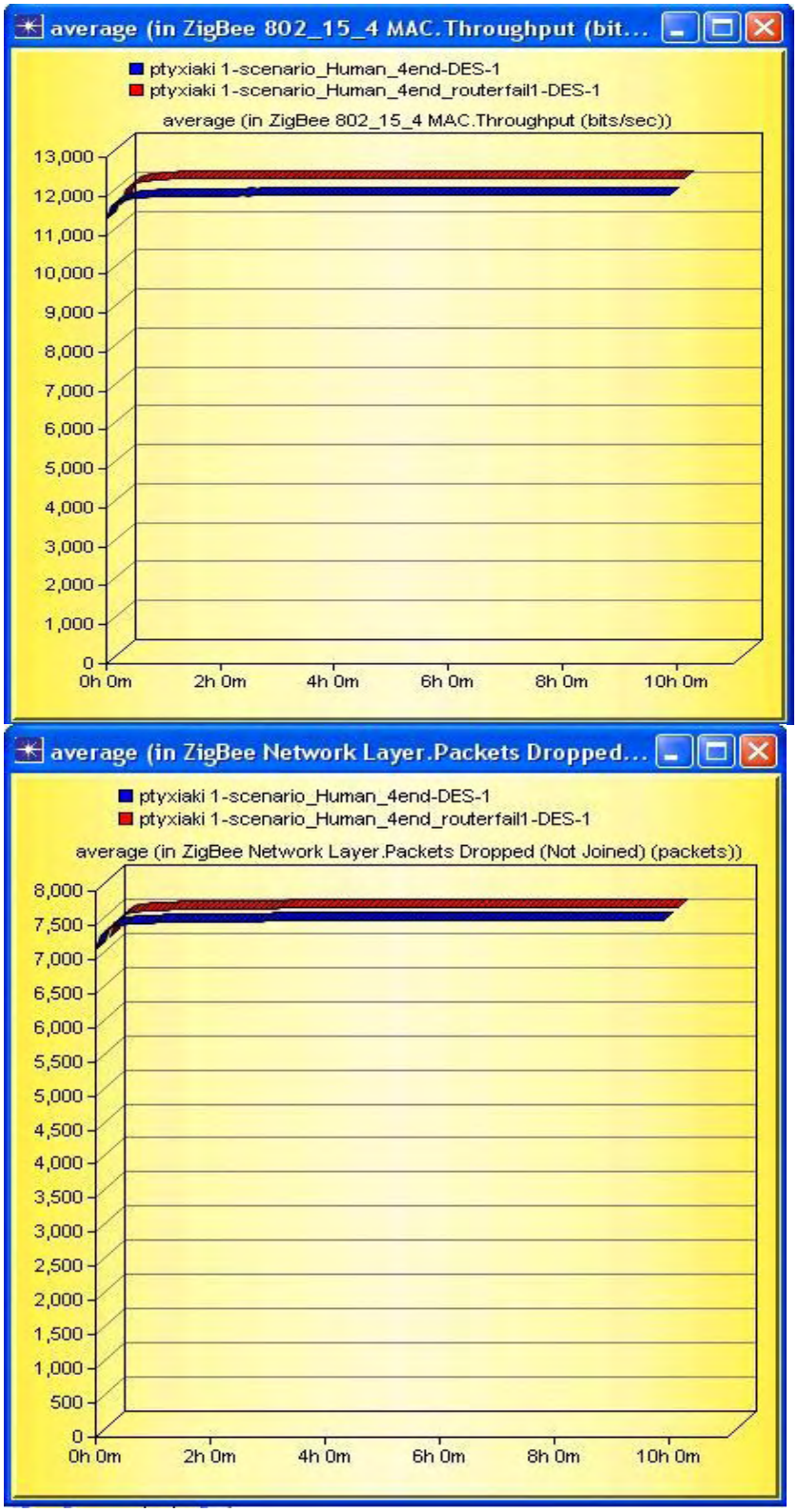
Delay & Load





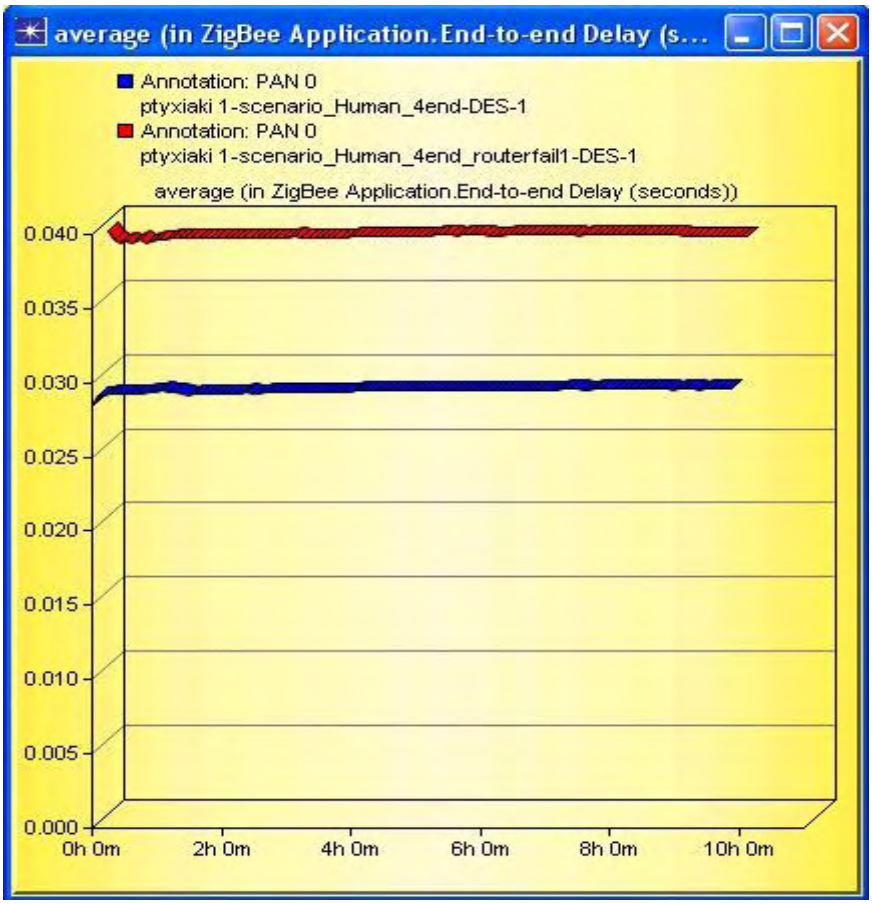
Εικόνα 57-Απώλεια Δρομολογητή(1)

Throughput & Packets Dropped



Εικόνα 58-**Απώλεια Δρομολογητή(2)**

End To End Delay



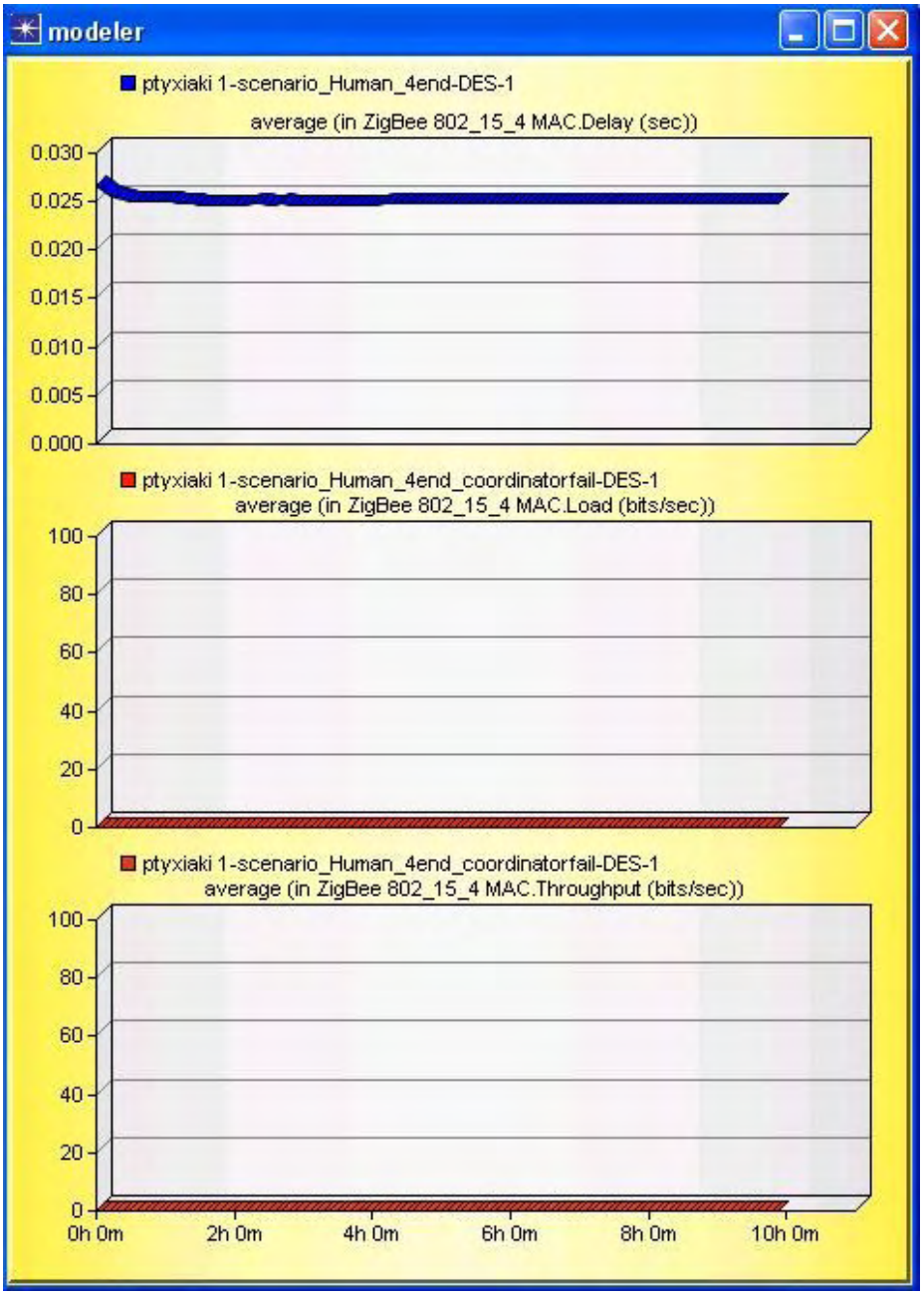
Εικόνα 59-**Απώλεια Δρομολογητή(3)**

Σημειώνεται σε αυτό το σημείο η καθυστέρηση που δημιουργείται καθώς οι συσκευές δεν μπορούν να παραδώσουν τα μηνύματα τους. Συνολικά όμως το δίκτυο δεν συναντά μεγάλες απώλειες καθώς η τοπολογία του το βοηθά να τις ελαχιστοποιεί.

Απώλεια Συντονιστή

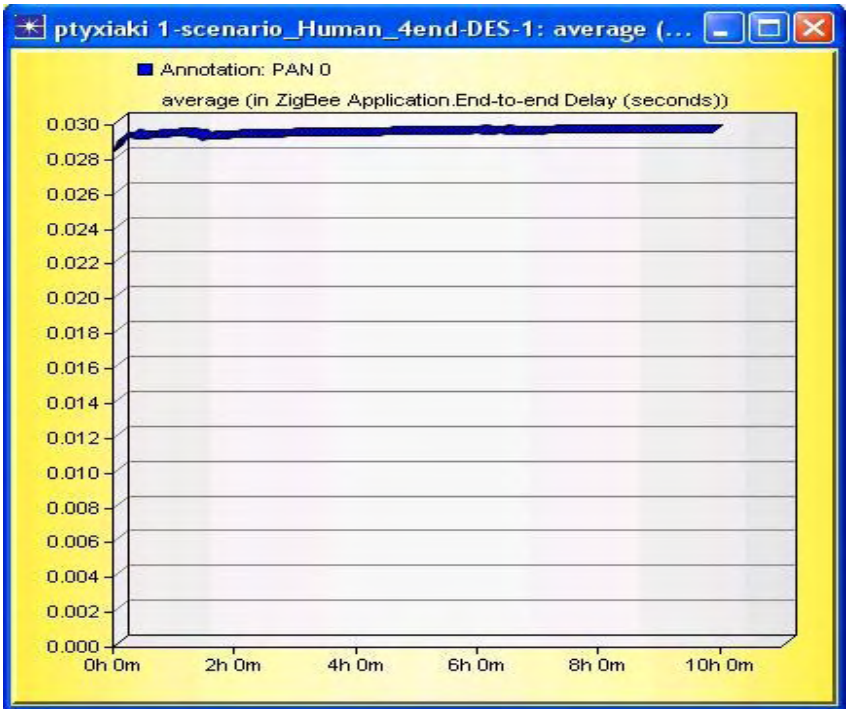
Εδώ εξετάζεται η περίπτωση της απώλειας του συντονιστή που είναι και το σημαντικότερο κομμάτι του δικτύου, αφού είναι εκείνος που δέχεται τα δεδομένα από τους κόμβους. Όπως είναι αναμενόμενο το δίκτυο καταρρέει. Τα γραφήματα σε αυτήν την περίπτωση θα δοθούν ανά επίπεδο.

- Επίπεδο MAC



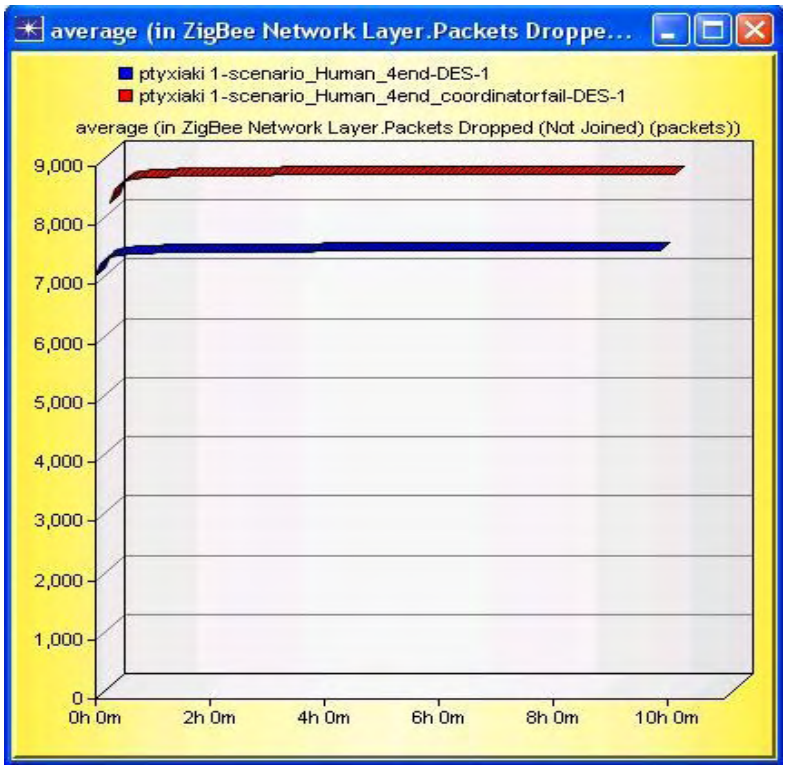
Εικόνα 60-Απώλεια συντονιστή(1)

❖ Επίπεδο Εφαρμογών



Εικόνα 61-**Απώλεια συντονιστή(2)**

❖ Επίπεδο Δικτύου



Εικόνα 62-**Απώλεια συντονιστή(3)**

Κεφάλαιο 5 Συμπεράσματα

Συμπεράσματα προσομοιώσεων

Κλείνοντας την εργασία δίνονται τα συμπεράσματα των προσομοιώσεων που δοκιμάστηκαν και αναλύονται οι διαφορές, τα θετικά και αρνητικά κάθε σεναρίου και πώς κρίνεται το τελικό αποτέλεσμα.

Τέλος δίνεται μια αναφορά σε μελλοντικές επεκτάσεις, που μπορεί τυχόν να υπάρχουν. Για να υπάρξει μια ολοκληρωμένη εικόνα των σεναρίων συγκεντρώνονται σε ένα πίνακα οι συσκευές που περιέχει το κάθε ένα.

	Σταθεροί	Κινητοί	Ηγετικές	Δρομολογητές	Συντονιστές
Σενάριο 1	10	-	-	1	1
Σενάριο 2	18	-	-	1	1
Σενάριο 3	18	-	-	2	1
Σενάριο 4	18	-	2	1	1
Σενάριο 5	18	-	2	2	1
Σενάριο 6	18	-	4	2	1
Σενάριο 7	18	1	4	2	1
Σενάριο 8	18	4	4	2	1

Πίνακας 7-Περιεχόμενο σεναρίων

Στα διάφορα σενάρια δοκιμάστηκε να φτιαχτεί ένα δίκτυο ανάλογο των αναγκών που παρουσιάζει μια έξυπνη κατοικία. Η αρχή έγινε με το πιο απλό σενάριο και αφού δοκιμάστηκαν και μελετήθηκαν οι διάφορες τοπολογίες και εξετάστηκαν τα αποτελέσματα των μετρήσεων επιλέχτηκε το σενάριο που αντικειμενικά καλύπτει τις ανάγκες του «έξυπνου» σπιτιού.

Έγινε προσπάθεια ώστε το δίκτυο που δημιουργήθηκε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες του έξυπνου σπιτιού. Έτσι τοποθετήθηκαν κόμβοι/αισθητήρες με τέτοιο τρόπο, ώστε να υπάρχουν αληθοφανή στοιχεία στο πείραμα. Οι κόμβοι αισθητήρες προσομοιώνουν αισθητήρες κίνησης, καπνού, θερμοκρασίας, ροής υγρού, κατάκλισης, φωτισμού, κέντρου επικοινωνίας ασθενή και τέλος κινητοί

αισθητήρες για λήψη βιολογικών μετρήσεων. Έτσι μετά από του πειραματισμούς και μελέτη των αποτελεσμάτων επιλέχτηκε το επικρατέστερο σενάριο.

Αυτό ήταν το σενάριο με τους 2 δρομολογητές και τις 4 ηγετικές συσκευές, καθώς απαραίτητο στοιχείο ήταν ο μικρός φόρτος του δικτύου και η μικρή καθυστέρηση.

Άμεση ανάγκη ήταν να διεκπεραιώνονται όσο πιο σύντομα οι διεργασίες με σκοπό να υπάρχει και ταχύτερη δράση -αν γινόταν αντιληπτό- πως κάποιος από τους αισθητήρες έδινε αποτελέσματα πέραν του φυσιολογικού. Επίσης στο σενάριο αυτό καλύπτονται περιπτώσεις ελαττωματικής λειτουργίας κάποιων σημαντικών κόμβων καθώς τα δεδομένα μοιράζονται με τέτοιο τρόπο που η απώλεια ενός τέτοιου δεν θα αχρηστεύσει το δίκτυο.

Η απώλεια πακέτων μεταξύ των δικτύων ήταν μικρή και έτσι τα κριτήρια βασίστηκαν στην καθυστέρηση, στο φόρτο και στην καθυστέρηση από άκρη σε άκρη, όπου στο επικρατέστερο σενάριο λαμβάνονται τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα.

Η μελέτη αυτή λοιπόν οδήγησε σε κάποια ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με την σχεδίαση και υλοποίηση ενός δικτύου αισθητήρων, με σκοπό να εφαρμοστεί σε ένα «έξυπνο» σπίτι για να καλύψει ανάγκες ατόμων με δυσκολίες μετακίνησης και νοητικής στέρησης. Οι προσομοιώσεις έδειξαν πως αν κάποιος θελήσει να ασχοληθεί με ένα τέτοιο δίκτυο και οι συνθήκες είναι τέτοιες, έτσι ώστε να ταυτίζονται με αυτές στα σενάρια που δοκιμάστηκαν,- δηλαδή ένας χώρος 100m^2 και το δίκτυο να απαιτεί 18 με 24 τερματικές συσκευές-, μπορεί με βάση τα συμπεράσματα αυτής της προσομοίωσης να υιοθετήσει στο δίκτυο του το πρωτόκολλο Zigbee με μια ιεραρχική τοπολογία, όπου 4 Ηγετικές συσκευές θα δέχονται και θα αποστέλλουν τα δεδομένα και μια αρχιτεκτονική με 2 δρομολογητές και 1 συντονιστή, που θα αναλαμβάνουν την αποστολή των δεδομένων στον τελικό προορισμό, αφού είναι ένα δίκτυο, που δοκιμάστηκε και βάση αποτελεσμάτων θα μπορούσε να προταθεί για αυτές τις συνθήκες.

Όσο αναφορά τέλος τους κινητούς κόμβους φαίνεται πως 4 μονάχα κινητές συσκευές αλλάζουν κατά πολύ τα αποτελέσματα στο δίκτυο, προσδίδοντας φόρτο, καθυστέρηση και απώλεια δεδομένων. Όμως είναι αναγκαίες σε περιπτώσεις βιομετρικών ελέγχων, οπότε η καλύτερη λύση είναι να αναφέρονται άμεσα στον συντονιστή του δικτύου καθώς είναι απαραίτητη η άμεση λήψη και ο έλεγχος των δεδομένων τους και οι μετρήσεις που κάνουν οι οποίες είναι πολύ σημαντικές.

Μελλοντικές επεκτάσεις

Στην παρούσα εργασία επιχειρήθηκε να μελετηθούν οι αισθητήρες και τα χαρακτηριστικά τους και στην συνέχεια τα χαρακτηριστικά των ασύρματων δικτύων αισθητήρων, με σκοπό να δημιουργηθεί ένα δίκτυο για εφαρμογή σε ένα «έξυπνο σπίτι», αφού προηγουμένως είχαν κατανοηθεί τα χαρακτηριστικά ενός τέτοιου σπιτιού.

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε και χρησιμοποιήθηκε το πρωτόκολλο Zigbee. Ένα θέμα για μελέτη και σύγκριση μπορεί να αποτελεί η δημιουργία του ίδιου δικτύου χρησιμοποιώντας διαφορετικό πρωτόκολλο επικοινωνίας και να γίνει η σύγκριση τους στο τέλος.

Εκτός από το πρωτόκολλο μπορεί να κάποιος να πειραματιστεί με διαφορετικές τοπολογίες και αρχιτεκτονικές, μελετώντας τα αποτελέσματα και συγκρίνοντας τα με αυτά της παρούσας εργασίας, με σκοπό να βρει αποδοτικότερο και αποτελεσματικότερο σχεδιασμό, που μπορεί να μην μελετήθηκε στην παρούσα εργασία.

Επιπλέον με την εξέλιξη της τεχνολογίας έχουμε την είσοδο νέων τύπων αισθητήρων, που μπορούν να μελετηθούν και να εξεταστούν σε ένα δίκτυο σαν αυτό. Εκείνοι μπορεί να είναι αποδοτικότεροι και με μικρότερη κατανάλωση ενέργειας , με ταχύτερη μετάδοση των δεδομένων και λιγότερες απώλειες, που θα έφταναν το δίκτυο σε ιδανικές συνθήκες.

Επίσης ένα ακόμα θέμα που δεν έγινε δυνατόν να δοκιμαστεί και αξίζει να εξεταστεί είναι η προσθήκη θορύβου στο δίκτυο και πώς θα επηρέαζε τα δεδομένα. Είναι ένα σημαντικό κομμάτι που λόγο έλλειψης χρόνου επιλέχτηκε να μην παρουσιαστεί.

Τέλος μια μελλοντική πρόταση είναι να μελετηθεί εκτός εργαστηρίου το δίκτυο σε πραγματικό χρόνο, να παρακαμφθεί το Opnet και να δοκιμαστεί σε ένα πραγματικό χώρο με αισθητήρες, να δημιουργηθεί ένα τέτοιο δίκτυο και να ληφθούν μετρήσεις συγκρίνοντας με τις εργαστηριακές και βγάζοντας καταλληλότερα συμπεράσματα στην πράξη πια για την χρηστικότητα και απόδοση του δικτυού. Το δίκτυο επίσης είναι ανοιχτό σε μεταβολές και τροποποιήσεις ανάλογα τις ανάγκες του κάθε ανθρώπου, που θα το χρησιμοποιεί. Δίνει την δυνατότητα προσθήκης συσκευών και σύνδεσης τους στο υπάρχον δίκτυο χωρίς να μεταβληθεί σημαντικά η αποδοτικότητα του.

Επίλογος

Κλείνοντας την εργασία θα γίνει μια γενική αποτίμηση της συνολικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε.

Το θέμα που επιλέχθηκε αν και πολύ ενδιαφέρον αποδείχτηκε αρκετά δύσκολο καθώς η εξέλιξη του γενικά και συγκεκριμένα στην Ελλάδα είναι ακόμη σε πολύ πρώιμο στάδιο. Η έννοια του έξυπνου σπιτιού είναι κάτι γενικό και πολύπλευρο και μπορεί να μελετηθεί κάτω από ένα μεγάλο πρίσμα ιδιοτήτων και ικανοτήτων που απαιτούνται για να εφαρμοστεί. Το εργαλείο που επιλέχτηκε για να προσομοιωθεί το δίκτυο αν και προσφέρει τεράστιες δυνατότητες είναι δύσκολο να μελετηθεί και να κατανοηθεί σε βάθος στα πλαίσια μας εργασίας σαν αυτής.

Παρόλα αυτά οι εντυπώσεις είναι πολύ καλές καθώς είναι ένας τομέας με μέλλον που ολοένα και περισσότεροι ερευνητές φαίνεται να στρέφονται προς αυτό. Η μελέτη με το κομμάτι των αισθητήρων φάνηκε ιδιαίτερα χρήσιμη γιατί οι εφαρμογές τους είναι τόσες πολλές, που σε μικρό βάθος χρόνου -αν όχι και άμεσα- θα κυριαρχήσουν στην καθημερινότητα των ανθρώπων. Η τεχνολογία και η εξέλιξη της οδεύει όλο και περισσότερο στην ανάπτυξη νέων εργαλείων με ανθρωποκεντρικό προσανατολισμό στοχεύοντας στην βελτίωση της ποιότητας της ζωής των ανθρώπων.

Είναι λοιπόν ξεκάθαρα ένας τομέας που θα μπορούσε να ασχοληθεί κάποιος, και ενώ είναι σε αρχικά στάδια ακόμα προσφέρει έργο στην κοινωνία και την ανθρωπότητα και βελτιώνεται διαρκώς καθώς έχει πολλά σημεία εφαρμογής.

Είναι δε τόσο ενδιαφέρον που παρακινεί τον κάθε ερευνητή να προχωρήσει όλο και πιο βαθειά στον κόσμο των δικτύων αισθητήρων και στις πάμπολλες μορφές εφαρμογής τους.

Επιπλέον με την ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας οι εφαρμογές γίνονται όλο και πιο απλές και με τεράστιες προοπτικές εξέλιξης, που μπορεί να αλλάξουν ολοκληρωτικά το μέλλον της ζωής των ανθρώπων. Η ιδέα και μόνο ότι κάποτε κάθε σπίτι θα έχει τις προδιαγραφές ενός «έξυπνου» σπιτιού για την απλούστευση των καθημερινών κινήσεων των ανθρώπων αλλά και η πρόβλεψη ανεπιθύμητων παρενεργειών από ανθρώπινα λάθη καθώς επίσης και η ασφάλεια που μπορεί να προσφέρουν σε ολόκληρες οικογένειες είναι κάποια πράγματα που όλοι θα εύχονταν να συμβούν και να εφαρμοστούν σε κάθε νέο σπίτι.

Αν για παράδειγμα εκτός από τα ενεργειακά κριτήρια -που είναι υποχρεωμένα να καλύπτουν πλέον όλα τα νέα οικοδομήματα- τεθούν και κριτήρια για την ύπαρξη εγκατάστασης που θα προβλέπει την δημιουργία ενός δικτύου για εφαρμογή αισθητήρων, με σκοπό να χαρακτηρίζεται ένα νέο κτίσμα «έξυπνο», το μέλλον θα είναι λαμπρό για όλους!